

LE GRANDI INVENZIONI

ANTICHE E MODERNE

NELL'INDUSTRIA, NELLE SCIENZE E NELLE ARTI

VOLUME TERZO



LA FOTOGRAFIA

I.

I prodigi della scienza; benefici della fotografia. — La camera oscura. — Incantevoli miniature. — Proprietà dei sali d'argento. — Esperienze di Charles, Wedgwood e Davy. — Primi tentativi di Niepce nel 1815. — Contemporanee ricerche di Daguerre. — Associazione dei due inventori. — Influenza dei vapori di mercurio. — L'invenzione di Daguerre patrocinata da Arago è acquistata dalla Francia e resa di pubblica ragione nel 1839.

Se due o tre secoli fa, taluno avesse proclamato che l'uomo riescirebbe un giorno a rendere immobile la passeggera sua immagine riflessa da uno specchio, cosa avrebbero detto gli uditori?

I più indulgenti, scrollando le spalle in segno di piena incredulità, avrebbero compassionato colui siccome un povero pazzo; i meno indulgenti lo avrebbero accusato al Santo Uffizio per commercio col demonio, ed il meschinello sarebbe perito sul rogo od avrebbe finiti i suoi giorni nelle carceri della Inquisizione. Oggi, invece, siamo già tanto abituati ai prodigi della scienza, che ci sembra

naturalissimo l'andare da un fotografo, posare pochi istanti dinanzi a un apparecchio ottico e di lì a poco ritirare, con mitissima spesa, quante copie si desiderano della nostra rispettabile persona, ritratta con la più scrupolosa fedeltà. E

questo non è il solo beneficio dovuto alla fotografia, chè, grazie ad essa, comodamente seduti nel vostro seggiolone e senza muovere un passo fuori dalla vostra stanza potete esaminare minu-

tamente i più stupendi panorami, i più importanti monumenti, i tipi più singolari che arditi ed abili fotografi andarono a ritrarre in Persia, in India, in China, in Oceania, nelle regioni da noi più remote; potete contemplare a vostro bell'agio le mobili fasi d'un fenomeno, riprodotte con la massima precisione; studiare utilmente, anche a mille miglia di distanza, gli avanzi di antichi monu-



Fig. 1. L'URTA FOTOGRAFICA.

menti e le sibilline iscrizioni di cui sono fregiati, potete in mille altri modi giovarvi di quest'arte mirabile che, nata ieri, ha in brevissimo tempo percorso lungo cammino e fa concepire le più belle speranze per il futuro. — Arte tanto mirabile merita

al certo di essere descritta, almeno sommariamente, in quest'opera.

La fotografia, come la maggior parte delle invenzioni, non è dovuta ad un sol uomo, essa è il frutto degli studi di più generazioni: la moderna fotografia è figlia della *daguerrotipia*, e questa deve la sua esistenza alla *camera oscura*.

La *camera oscura* è una scoperta italiana: il fisico napoletano Giambattista Porta, più volte nominato in quest'opera (1), fu il primo ad avvertire intorno al 1650 che praticando un piccolo foro nell'imposta d'una finestra in una stanza perfettamente oscura, gli oggetti esterni si dipingono coi loro colori ma impiccioliti e rovesci (fig. 2), sulla parete che sta in faccia al forellino. Questa esperienza vuol essere fatta di giorno quando la luce veste gli oggetti coi loro colori; mancando la luce, tutti i corpi sembrano neri e quindi non si vedrebbe alcuna immagine nè sulla parete che sta in faccia al forellino, nè altrove.

Eseguendo adunque l'esperienza sopraccen-
nata potrete accorgervi
che le immagini degli og-
getti esterni, che, come
abbiam detto, si dipin-
gono a rovescio sulla
parete che sta in faccia
al forellino, riescono

tanto più nitide, tanto più spiccate, quanto è più piccolo quel forellino; ma d'altra parte, quanto più esso è piccolo, tanto minore è la quantità di luce che, penetrando per esso, produce l'immagine, perciò quest'ultima riesce necessariamente tanto meno vivace, quanto più spiccati ne sono i contorni. Sembrerebbe adunque impossibile l'ottenere immagini vestite di vivaci colori e in pari tempo dotate di contorni precisi e ben definiti. La proprietà già descritta (vedi Vol. I, pag. 215, fig. 210) delle lenti convergenti permette di superare questa difficoltà a primo aspetto insormontabile; ed invero queste lenti hanno la proprietà di riunire in un sol punto, al di qua della lente, i raggi luminosi che partono da un punto posto al di là ed a qualche distanza dalla lente; sappiamo già che quest'ultimo punto è il *fuoco coniugato* dell'altro. Ecco dunque che allargando il foro ed applicandovi una lente convergente (ossia biconvessa), in modo che il foro

ne rimanga completamente otturato, l'immagine di un punto posto al di fuori si formerà nell'interno della stanza nel punto corrispondente al fuoco coniugato del punto esterno. Se in luogo d'un punto si considera un oggetto qualunque, un edificio, un paesaggio, la di lui immagine andrà analogamente a formarsi nei fuochi coniugati dei suoi singoli punti, e purché l'oggetto di cui si tratta sia molto distante dalla lente, i fuochi coniugati si formeranno nell'interno della *camera oscura*, tutti a un dipresso alla stessa distanza dalla lente. Perciò si potrà render visibile quell'immagine, collocando uno schermo bianco in faccia alla lente, in guisa che la di lui posizione corrisponda sensibilmente con quella in cui vanno ad incrociarsi i raggi luminosi dopo aver attraversata la lente, o in altri termini, nella posizione dei fuochi coniugati. Per quanto sappiamo (Vol. I, pag. 216), questa immagine riuscirà piccina e rovescia, ma riuscirà tanto più vivace quanto più grande sarà



Fig. 2. CAMERA OSCURA.

la quantità di luce penetrata attraverso alla lente, nella camera oscura. Questa lente, col linguaggio già adottato per vari strumenti ottici, dicesi *obiettiva* poichè è rivolta agli oggetti esterni che si vogliono

veder dipinti nella camera oscura. La pittura così ottenuta riesce delle più belle e vivaci che idear si possa, ogni più minuto particolare degli oggetti esterni è riprodotto con la massima fedeltà tanto nelle forme quanto nelle tinte; avete dinanzi a voi una miniatura vivente che vi pone sott'occhio ogni cosa esterna nei suoi più minuti particolari; vedreste il destriero correre sulla via, l'uccelletto librarsi nell'aria e la locomotiva col suo grigio pennacchio di fumo e di vapore attraversare rapidamente quell'incantevole miniatura. Se mentre ammirate quest'interessante fenomeno d'ottica un burlone apre un nuovo varco alla luce, voi vedete svanire quel quadro incantevole, e dove prima vedevate i paesaggi più deliziosi vedete soltanto lo schermo di candida tela che raccoglieva l'immagine! Chiedendo l'adito alla luce, l'incanto si rinnova, ed il paesaggio si dipinge di nuovo sullo schermo, coi suoi vivaci colori, colle sue mobili macchiette; vorreste inchiodarlo sulla tela, ma ogni sforzo riesce vano e, a malincuore, abbandonate quell'arduo problema.

(1) Vedi la nota a pag. 231 del Vol. I.

Per approfittare in qualche modo di questa invenzione, si costruirono *camere oscure portatili*; mercè le quali anche gli ignari del disegno possono tracciare a mano il contorno degli oggetti, nel loro rapporti di grandezza e posizione, conformandosi in pari tempo a tutte le regole della prospettiva lineare. — Una camera oscura portatile, quale è presentemente adoperata dai fotografi, è una cassetta parallelepipedica ABD (fig. 3),



Fig. 3. CAMERA OSCURA PORTATILE.

montata sopra un trepiede M.K. (fig. 4), alla cui sommità trovasi una tavoletta A che può essere alzata od abbassata o ricevere qualsiasi inclinazione, grazie ad apposite scanalature e ad un sistema di ingranaggi messo in movimento dal manubrio P; così la camera oscura, collocata sulla tavoletta A

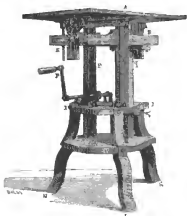


Fig. 4. TREPIEDE PER SOSTEGNO DELLA CAMERA OSCURA.

può essere più o meno sollevata e può ricevere l'inclinazione più opportuna affinché l'immagine di un dato oggetto vada a formarsi sullo schermo. Questo schermo è una lastra di vetro smerigliata che costituisce la parete posteriore AC (fig. 3) della cassetta; tale disposizione permette ad un osservatore, di veder dipinta, sulla superficie esterna di quella lastra di vetro, l'immagine piccola e rovescia d'un oggetto lontano. Nella pa-

rete anteriore della cassetta è praticato un foro circolare nel quale è fissato immobilmnte un tubo AG (fig. 5), un secondo tubo GC, di diametro un po' più piccolo, può scorrere entro al primo, analogamente ai tubi dei cannocchiali; questo secondo tubo, che è propriamente l'*obbiettivo* della camera oscura, contiene una o due lenti acromatiche, convergenti, stabilite in quest' ultimo caso



Fig. 5. OBBIETTIVO FOTOGRAFICO.

ad una distanza (fig. 6), non molto grande, l'una dall'altra. Un'asta dentata ed un rocchetto F (fig. 5) opportunamente disposti permettono di avvicinare od allontanare l'obbiettivo dal fondo della cassetta: l'osservatore gira in un senso o nell'altro il rocchetto F e quindi aumenta o diminuisce la distanza dall'obbiettivo al vetro smerigliato fino a che vede formarsi su quest'ultimo una nitida immagine dell'oggetto esterno che vuole copiare. D (fig. 5) è un coperchio che si adatta esattamente alla bocca BC dell'obbiettivo ogni qualvolta si vuol intercettare il passo alla luce; H è nn



Fig. 6. LENTI COSTITUENTI L'OBBIETTIVO.

disco nel cui centro è praticata un'apertura circolare; questo disco, che dicesi *diaframma*, va collocato nell'interno del tubo GC quando si vuole che l'immagine che si dipinge sul fondo della camera oscura risulti più piccola e quindi più nitida.

È verosimile che il difficile problema di rendere permanenti le passaggere immagini fornite dalla camera oscura abbia arrovellati molti cervelli nei tre secoli d'esistenza che ormai conta quest'interessante apparato d'ottica, però la storia della scienza registrò due nomi soltanto, Nicéphore Niepce e Luigi Giacomo Daguerre, ciascuno dei quali, all'insaputa dei lavori dell'altro, seppe fissare le fugaci immagini fornite dalla camera oscura.

Niepce nacque nel 1765 a Chàlon, sulla Saona, entrò nel 1792 nell'esercito francese e fece la

campagna d'Italia col grado di primo tenente; ritornato in patria dedicossi con trasporto a molte ricerche scientifiche industriali. Nel 1790, quando Senefelder rese pubblica l'invenzione della litografia, Niepce fece di quest'arte la principal sua occupazione.

La litografia aveva destato un entusiasmo universale. Erano pochi i paesi che non possedevano un torchio litografico; ma le pietre all'uopo necessarie non si avevano che a caro prezzo. Niepce rintracciò, inutilmente, la pietra litografica in tutte le cave del Lionese. Non trovando la pietra ch'el cercava pensò di sostituire ad essa una lamina di metallo ben levigata. Prese delle lamine di stagno ed eseguì sovr'esse alcuni disegni con la matita litografica, ma il risultato non corrispose alle sue speranze: pensò allora di abbandonare ogni ulterior tentativo di imitazione della litografia e si propose di ottenere per altra strada la facile riproduzione dei disegni.

Niepce era studioso, sapeva che alcune sostanze cangiavano colore sotto l'azione prolungata della luce: fino dal 1556 l'alchimista Fabricio aveva riconosciuto che il cloruro di argento bianco cangia colore quando è esposto alla luce. Il chimico Scheel aveva annunciato al mondo scientifico, nel 1777, che il cloruro d'argento bianco esposto alla luce rifratta da un prisma (vedi Vol. I, pag. 208, col. 1^a) cangia aspetto più rapidamente sotto l'azione dei raggi azzurri e violetti del prisma di quello che per effetto dei raggi rossi o ranciati. Nel 1780 lo stesso chimico osservò che l'acido nitrico vien decomposto dalla azione chimica della luce.

Altri scienziati riconobbero l'influenza più o meno sensibile della luce anche sopra altre sostanze (1), fra le quali convien ricordare una resina nera che si raccoglie sulle rive del mar Morto (Palestina), nota col nome di *bitume di Giudea*.

Nel 1780 il professore di fisica Charles, già menzionato parlando del primo pallone a gas idrogeno (Vol. I, pag. 131), riesci a copiare il contorno di parecchi dei suoi uditori, giovandosi all'uopo della suaccennata proprietà del cloruro d'argento. Charles stendeva, sopra un foglio di carta bianca, una soluzione di cloruro d'argento, invitava la persona ad esporsi ai raggi solari e

quindi collocava il foglio di carta in modo da ricevervi l'ombra di quella persona. La parte del foglio investita dai raggi solari anneriva rapidamente, mentre la parte colpita dall'ombra rimaneva bianca e quindi distintamente visibile per alcuni minuti, ma l'azione della luce diffusa anneriva a poco a poco anche le parti rimaste bianche e così il contorno dell'ombra scompariva ed in breve tutto il foglio acquistava tinta uniforme.

Intorno al 1803 due illustri scienziati inglesi, il fisico Wedgwood ed il chimico Davy, tentarono di ricavare qualche pratica applicazione dai cangiamenti di colore che i sali di argento subiscono per effetto della luce, ma i loro tentativi rimasero senza effetto.

Niepce rinnovò nel 1815 i tentativi di Wedgwood e di Davy, ma non riuscendogli di render permanenti le immagini momentanee ottenute col cloruro e col nitrato d'argento, ricominciò le sue esperienze battendo altra via. Intonacava la sua lamina di stagno con una vernice nera contenente bitume di Giudea, la ricopriva con un disegno qualunque reso trasparente da una vernice oleosa, e quindi esponeva la lastra, così ricoperta, alla luce solare; la luce attraversava più facilmente le parti bianche del disegno e meno facilmente le parti oscure e quindi il bitume di cui era spalmata la lastra subiva in vario grado l'azione della luce; le parti intaccate dalla luce diventavano bianche, quelle che non avevano subita l'azione della luce, rimanevano nere. Niepce otteneva a questo modo, sulla lamina di stagno, una fedele riproduzione del disegno adoperato; i tratti oscuri del disegno rimanevano oscuri anche sulla vernice bituminosa, ed i tratti chiari del disegno riescivano chiari anche sulla vernice. Le immagini così prodotte, dall'azione della luce sulla vernice bituminosa, sono alcune poco più durature di quelle ottenute impiegando i sali d'argento, ma anch'esse svaniscono, poichè a poco a poco tutta quanta la vernice si modifica e divien bianca sotto l'azione della luce. Restava quindi a risolversi un arduo problema: rendere permanente la passeggera immagine prodotta dalla luce. Pel corso di ben dieci anni e con indicibile perseveranza, Niepce sperimentò a tale intento tutti gli agenti chimici che gli riesci di procurarsi; finalmente, intorno al 1833, poté accertarsi che immergendo la sua lastra già verniciata ed intaccata dalla luce, in una mescolanza di essenza di lavanda, e di petrolio, questa me-

(1) Rammentiamo in quest'occasione il fatto generalmente conosciuto che la cera gialla ed i tessuti di lino imbiancano sotto l'azione dei raggi solari.

sciolanza sciolle le parti della vernice bituminosa non tocche dalla luce, e lascia inalterato tutte le parti modificate dalla luce: da quell'istante in poi l'immagine ottenuta sulla vernice riesce insensibile all'azione dei raggi solari.

Dopo aver riprodotti a questa guisa quanti disegni gli capitavano sotto le mani, Niepce pensò di valersi della camera oscura, per conservare e rendere imperiture le vaghe immagini che essa fornisce. Collocata la sua lastra, verniciata di bitume, nel fuoco d'una camera oscura, la luce riproduceva fedelmente sulla vernice tutte le immagini esterne: gli oggetti più vivamente illuminati, e che perciò riflettono maggior luce, andavano a dipingersi su quella vernice con



Fig. 7. NICÉPHORE NIEPCE.

tratti assai chiari, i corpi in ombra riflettono pochissima luce e perciò riescivano appena visibili, i corpi mediocrementemente illuminati risultavano d'un grigio più o meno spiccato a seconda della varia intensità della luce. Dopo un certo tempo ei ritrattava, dalla camera oscura, la sua lastra verniciata e la tuffava nella mescolanza di petrolio e d'essenza di lavanda. Allora le parti di vernice che non erano state tocche dalla luce si scioglievano e, in tutti quei punti, la lastra metallica riesciva denudata, tutte le altre parti conservavano più o meno vernice a seconda che erano state più o meno intaccate dalla luce: le parti della lastra che rimanevano coperte di bitume rappresentavano i chiari, quelle denudate, le ombre, e quelle sulle quali la mescolanza dissol-

vente aveva agito incompletamente, rappresentavano le mezze tinte.

Per mala sorte il bitume di Giudea è assai lento a subire l'influenza della luce; per ottenere un'immagine chiaramente visibile sarebbe mestieri lasciare la lastra metallica per circa dieci ore nel fuoco della camera oscura; in dieci ore il sole fa una bella strada (perdonateci la falsità di questo modo di dire, poichè, come ben sapete, è la Terra che si muove intorno al sole, mentre questi rimane, relativamente, immobile), per conseguenza i chiari e le ombre cangiano posto nel corso dell'operazione.

Questo processo era quindi assai lontano dalla perfezione, ma già nessuna invenzione si è fatta



Fig. 8. LUIGI NIEPCE.

in un giorno, come vi sarete accorti più volte sfogliando questi volumi: il più difficile è l'incominciare. I perfezionamenti vengono di poi. Niepce era ben contento d'aver già ottenuto un risultato così grossolano: intaccando la sua lastra metallica con un acido, le parti di metallo denudate dalla vernice venivano corrose, le altre, ancor vestite di vernice, rimanevano intatte; spogliandole poscia dalla vernice si otteneva una lastra che ripassata alquanto al bulino poteva servire a cavarne migliaia di esemplari nel modo già indicato parlando dell'incisione all'acqua forte.

A questo nuovo metodo di incisione, Niepce dava il nome di *eliografia*, siccome di scrittura (in greco *grafo*) fatta col sole (in greco *helios*).

Nel mentre Niepce, nella sua villeggiatura sulle tranquille rive della Saona, andava eseguendo la lunga serie di esperienze, da noi sommariamente accennate, un valente acrobata e distinto pittore, Luigi Daguerre (nato nelle vicinanze di Parigi nel 1787), favorevolmente conosciuto per l'invenzione del *diorama*, si occupava a Parigi con la ricerca d'un metodo che valesse a fissare le fugaci immagini della camera oscura; le sue lunghe e pazienti ricerche non avevano prodotto alcun risultato definitivo, quando nel gennaio 1826 venne a conoscere accidentalmente che un dilettante di provincia aveva acquistata a Parigi una camera oscura munita di lenti perfezionate. Il venditore, il distinto costruttore di strumenti ottici, Carlo Chevalier, conoscendo il nome e il domicilio dell'acquirente, che era appunto il nostro Niepce, e sapendo pure che questi mirava allo stesso scopo di Daguerre, consigliò quest'ultimo a mettersi in relazione col dilettante di provincia.

Dopo un lungo carteggio i due sperimentatori stipularono a Châlon (14 dicembre 1829) un contratto di società, allo scopo di far convergere tutti i loro sforzi riuniti verso la meta tanto vagheggiata.

Niepce comunicò il suo segreto a Daguerre, e Daguerre si diede tosto a migliorarlo; ei riconobbe, fortuitamente, nel maggio 1831, che il ioduro di argento è ben più sensibile del bitume di Giudea all'azione della luce. Da allora in poi Daguerre rinunciò completamente al bitume, e prendeva una lamina di rame argentato e la collocava in una scatola contenente cristalli di iodio; il vapore che si svolge naturalmente da quei cristalli, si combina coll'argento della lamina formando con esso un ioduro d'argento; la lamina così preparata, in un ambiente privo di luce, veniva poi collocata nel fuoco della camera oscura; ritirandola di là e la esponeva ai vapori di petrolio, questo vapore si condensa soltanto sulle parti della lamina iodurata, che, essendo rimaste nell'ombra, non furono alterate dalla luce, e le ricopre d'una vernice trasparente, e lascia intatti tutti quei punti della lamina che subirono l'azione della luce. Così Daguerre cambiò completamente le basi e lo scopo dell'invenzione di Niepce. Questi adoperava la lamina di metallo per servirsene come d'un'incisione che doveva poi essere riprodotta sulla carta; l'altro vuole che sulla lamina rimanga il disegno definitivo. Il

sistema di Daguerre prevalse e pigliò da lui il nome di *Daguerrotipia*.

Progredendo sempre nelle sue ricerche, Daguerre sperimentò un'altra *sostanza rivelatrice*, ben più potente dei vapori di petrolio; ei riconobbe che esponendo ai vapori di mercurio la sua lamina iodurata, sulla quale l'immagine prodotta dalla luce era a mala pena visibile, i vapori di mercurio si depositano su quei punti della lamina iodurata che avevano subita l'influenza della luce lasciando incolumi tutti gli altri punti della lamina. L'immagine appare allora con una chiarezza e nitidezza straordinarie.

Ma non era dato a Niceforo Niepce di conoscere tale inaspettato perfezionamento introdotto nel suo metodo primitivo. Niepce morì a Châlon, nel suo sessantanovesimo anno, il 5 luglio 1833; il suo nome passò allora inosservato, sebbene tutto il merito dell'iniziativa dell'importante invenzione che ci occupa, sia a lui dovuto.

Nel 1835 Daguerre informava Isidoro Niepce, figlio ed erede di Niceforo, dei brillanti progressi conseguiti grazie all'impiego della nuova *sostanza rivelatrice* (i vapori di mercurio) ed otteneva dallo stesso un atto addizionale a quello del 14 dicembre 1829, nel quale si dichiarava che in virtù degli ottenuti perfezionamenti era finalmente giunto il momento opportuno di render pubblica l'invenzione dell'eliografia.

I due soci tentarono di costituire una società di azionisti per raccogliere i capitali necessari ad organizzare su vasta scala un'industria basata sull'eliografia, ma i capitalisti non risposero all'appello di Daguerre e Niepce; allora Daguerre, si rivolse ad alcuni illustri scienziati e fece loro apprezzare tutta l'importanza del suo trovato: fidando nella discrezione dell'illustre Arago, da noi già menzionato altrove (Vol. I, pag. 144), Daguerre gli confidò tutti i più minuti particolari del suo sistema eliografico. Arago apprezzò tosto la somma importanza della nuova invenzione, ch'egli annunciò pubblicamente all'Accademia delle Scienze a Parigi il 7 gennaio 1839, senza però rivelare il segreto degli inventori, i quali non intendevano farlo conoscere che al prezzo di duecentomila franchi. Temendo che la Francia rimanesse priva di quest'importante invenzione, Arago ne parlò al ministro dell'Interno e gli suggerì di far acquistare dal governo francese il segreto posseduto da Daguerre e Niepce. Per intramissione d'Arago i due soci modificarono la

loro domanda; allora le Camere francesi accordarono (30 luglio 1839) a titolo di ricompensa nazionale, una pensione vitalizia di 6000 franchi a Daguerre e di 4000 franchi ad Isidoro Niepce.

Il 10 agosto 1839 Arago, nella sua qualità di segretario perpetuo dell'Accademia delle Scienze di Parigi, comunicò a quel dotto consesso ogni particolare relativo alla nuova invenzione.

II.

La daguerrotipia; la lamina metallica iodurata, l'esposizione ai vapori di iodio e di bromo; esposizione della lamina nella camera oscura; il gabinetto nero. — Esposizione della lamina ai vapori mercuriali. — Inconvenienti presentati dalle immagini daguerriane. — Le sostanze acceleratrici — Il cloruro d'oro proposto da Fizeau.

Passeremo ora ad esporvi brevemente i fenomeni ed i processi che costituiscono la *fotografia* (parola composta dal greco, *foto* luce e *grafo* scrittura), nome generico sotto il quale si comprendono tutte le immagini artificialmente ottenute dalla luce, sopra qualsiasi sostanza, riservando il nome speciale di *daguerrotipia* alle immagini fotografiche ottenute sopra lamine metalliche col metodo di Daguerre.

Per ottenere un'immagine nitida mercè la *daguerrotipia* è anzitutto necessario levigare con la

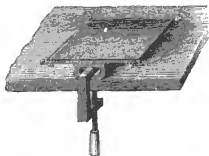


Fig. 9. TAVOLETTA PER LEVIGARE LE LAMINE PER LA DAGUERROTIPIA.

massima cura la lamina di rame argentato, sulla quale si dovrà poi operare; si raggiunge l'intento collocando la lamina sopra una tavoletta speciale (fig. 9), provvoluta di viti di pressione che mantengono immobile la lamina, l'operatore versa sovr'essa del tripolo finissimo ed alcune gocce di spirito di vino rettificato e quindi preso uno zaffo di cotone puro e cardato, passa e ripassa replicatamente con esso su tutta la superficie della lamina. Questa prima operazione è compiuta quando, alitando sulla superficie della lamina, l'alito scompare uniformemente senza lasciar macchie o righe, dopo di ciò si pulisce la lamina impiegando successivamente due liscioi di pelle di daino (fig. 10), il primo dei quali è cosperso di *rosso inglese*, il secondo liscioio è scevro di qualsiasi sostanza e serve a dare l'ultima politura

alla lamina. Dopo di ciò convien esporre quest'ultima ai vapori del iodio e del bromo, i quali, combinandosi con l'argento che ricopre la lamina di rame, formano una sottilissima pellicola sensibilissima all'azione dei raggi luminosi.

La cassetta rappresentata dalla figura 11, serve appunto a produrre codesta pellicola; la cassetta è divisa in due compartimenti eguali, in ciascuno di essi è collocata una vaschetta di porcellana, la vaschetta di sinistra contiene cristalli di iodio, quella di destra contiene calce bromata, entrambe le vaschette son ricoperte da una lastra di vetro contenuta entro ad un telaio che può



Fig. 10. LISCIATOIO.

scorrere entro a scanalature praticate nei fianchi della cassetta, una seconda scanalatura parallela alla precedente, permette di introdurre la lamina metallica al disopra della lastra di vetro, in modo però che la superficie argentata sia rivolta verso il fondo della cassetta; ciò fatto, si ritira la lastra di vetro C e la lamina metallica rimane esposta ai vapori che svolgonsi naturalmente dai cristalli di iodio. Dopo trenta secondi all'incirca, la lamina argentata prende il colore giallo carico, si ricoloca al posto la lastra di vetro C per impedire la diffusione dei vapori di iodio, si spinge a destra la lamina metallica, la quale, scorrendo nella scanalatura già menzionata, va ad occupare la posizione A; ritirando allora la lastra di vetro B, i vapori che svolgonsi dalla calce bromata colpiscono la faccia già iodurata della lamina metallica, la quale dopo dieci secondi all'incirca prende una tinta violetta; si rinnova l'esposizione della lamina metallica ai vapori del iodio finchè la faccia argentata della stessa ha acquistato un

colore azzurro d'acciaio. Queste operazioni devono essere eseguite nel *gabinetto oscuro* (fig. 12), nel quale entra scarsa luce da una piccola finestra chiusa da vetri di color giallo, poichè si riconobbe che attraversando vetri di questo colore la luce perde la sua proprietà di impressionare il ioduro d'argento; senza questa precauzione la pellicola sensibile che ricopre la lamina metallica sarebbe rapidamente alterata dalla luce.

La lamina ormai sensibilizzata vuol essere introdotta in un telaio chiuso da un coperchio mobile e così la si colloca nella camera oscura; giunto l'istante dell'operazione si riceve dapprima l'immagine dell'oggetto sul vetro smerigliato C (figura 3) costituente il fondo della camera oscura; allora, girando il rochetto F (fig. 4), si allontana o si avvicina l'obbiettivo e quindi si inclina convenientemente la tavola A (fig. 4) su cui è adagiata la camera oscura, finchè si è ottenuta, sul vetro smerigliato, un'immagine della voluta grandezza, si toglie il vetro e si introduce al suo posto il telaio contenente la lamina metallica in modo che la faccia sensibilizzata sia rivolta verso l'oggetto che vuoi riprodurre, finalmente si solleva

uno schermo verticale che copriva la faccia sensibilizzata, questa riceve allora l'impressione della luce che modifica chimicamente la pellicola sensibile, in grado più o meno forte, a seconda che colpì più o meno vivamente i singoli punti della lamina sensibilizzata.

Tuttavia, quando, dopo alcuni minuti, ritirate la lamina dalla camera oscura, cerchereste invano la traccia lasciatavi dalla luce: tutta la superficie della lamina metallica conserva l'identico aspetto che aveva prima. Dov'è l'immagine? Per farla comparire convien esporre la lamina, entro ad una cassetta chiusa, ai vapori che si svolgono riscaldando leggermente il mercurio contenuto in apposito recipiente. Allora succede un singolarissimo fenomeno: i vapori mercuriali si precipitano abbondantemente sulle parti della lamina che furono maggiormente modificate dall'azione

chimica della luce, si depositano meno abbondantemente sulle parti meno modificate, e non si depositano punto su tutte quelle parti della lamina che non subirono l'azione luminosa; risulta quindi, sulla lamina, un'immagine dell'oggetto delle stesse dimensioni dell'immagine dapprima ottenuta sul vetro smerigliato nella camera oscura; quelle parti dell'oggetto che erano maggiormente illuminate, vengono indicate da una brillante vernice di mercurio, tutte le altre parti dell'oggetto sono indicate da una vernice di mercurio tanto più debole quanto più debole fu la luce da esse riflessa. Le parti completamente oscure e che perciò non tramandarono luce alcuna, sui corrispondenti punti della lamina, non ricevono la più leggera traccia di mercurio e perciò su tutti quei punti rimane chiaramente visibile la superficie

naturale della lamina argentata. L'immagine riesce quindi perfettamente visibile sulla lamina grazie a questi vari aspetti dei singoli suoi punti; non affrettatevi però a concludere che l'operazione è finita; la lamina è tuttora ricoperta di ioduro d'argento, perciò esponendola alla luce, quel ioduro annerirebbe completamente e tutto

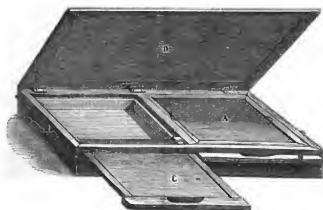


FIG. 11. DOPPIA CASSETTA PER BROMARE E IODURARE LA LAMINA DAGUERRIANA.

il disegno si dileguerebbe, e perciò appunto tutte le operazioni fino ad ora descritte devono essere eseguite, come abbiamo già detto, all'oscuro o tutt'al più alla fioca luce d'una candela. Ora bisogna sbarazzare la lamina da quel ioduro. Si raggiunge l'intento immergendola in una soluzione di iposolfito di soda; questa sostanza ha la proprietà di sciogliere il ioduro d'argento non modificato dalla luce. Soltanto dopo questo bagno si può impunemente esporre la lamina daguerriana anche alla luce più splendente senza timore di veder dileguarsi l'immagine.

Il metodo daguerriano presentava parecchi difetti. Principalissimo era quello di dover esporre la lamina per un buon quarto d'ora all'azione chimica dei raggi luminosi nella camera oscura; l'immagine non poteva essere distintamente veduta, senonchè sotto un dato angolo, in causa della

lucentezza della lamina metallica; chi vuol esaminare un'immagine daguerriana deve inclinarla in più modi fino a che, a forza di tentativi trova l'inclinazione più conveniente; aggiungi che si poteva temere che l'immagine perdesse, se non tutto, almeno parte del suo valore, per la lenta e spontanea volatilizzazione del mercurio.

Ciononpertanto il numero degli imitatori di Daguerry andava giornalmente aumentando; dopo lunghi tentativi e replicate esperienze essi poterono rimediare a poco a poco a tutti i difetti sovra' accennati. — L'ottico Carlo Chevalier modificò la struttura dell'obbiettivo per le camere oscure destinate alla fotografia e riesci in tai



Fig. 12. SARENTO OSCURO PER LE MANIPOLAZIONI FOTOGRAFICHE.

guisa a riparare al difetto principale della lunga esposizione della lamina nel fuoco della camera oscura: grazie al perfezionamento di Chevalier la durata dell'esposizione fu ridotta a soli tre minuti; periodo che fu ulteriormente ridotto, nel 1841, per merito del fotografo francese Claudet, domiciliato a Londra. Sperimentando un gran numero di sostanze, ei riconobbe che il cloruro di iodio applicato alla lamina metallica già iodurata, ne aumenta d'assai la sensibilità sotto l'azione chimica dei raggi luminosi e diminuisce quindi il tempo che conveniva tenerla esposta alla luce. Posteriormente furono scoperte altre sostanze acceleratrici ben più potenti: i vapori

di bromo, il bromuro di iodio, il cloruro di solfo, l'acido clorico.

Solo dopo la scoperta di queste sostanze che permettono di ottenere le immagini daguerriane in pochi secondi, si poterono fare anche dei ritratti. Prima d'allora era necessario rimanere immobili per parecchi minuti in faccia all'obbiettivo della camera oscura; quei pochi che si assoggettavano volontariamente a questo nuovo genere di tortura non riuscivano a possedere senonchè ritratti pieni di smorfie.

Il compimento della fotografia sul metallo fu la scoperta, dovuta al fisico francese Fizeau, della proprietà che ha il cloruro d'oro di rendere più vivaci, e in pari tempo indelebili, le immagini daguerriane; fino allora l'immagine era oltremodo



Fig. 13. RISCALDAMENTO DELLA LAMINA CLORURATA.

fuggevole, il mercurio scompariva al più leggero contatto. Fizeau rese indelebile l'immagine versando, sulla superficie della lastra metallica, una soluzione di cloruro d'oro mescolato con iposolfito di soda; riscaldando poscia (fig. 13) la lamina metallica così ricoperta da quella soluzione, tutta la superficie della lamina si veste d'una sottilissima vernice d'oro metallico che sottrae il mercurio alle influenze esterne e in pari tempo diminuisce di molto la lucentezza dell'argento nelle parti della lamina rappresentanti le ombre, rende più carica la tinta delle parti più o meno coperte di mercurio, e quindi l'immagine riesce ben più visibile di prima.

III.

La fotografia sulla carta proposta nel 1839 dall'inglese Fox Talbot; momentanea indifferenza del pubblico. — Rapida diffusione della fotografia a partire dal 1847. — L'immagine *negativa* e l'immagine *positiva*; una sola *negativa* serve a produrre molteplici immagini positive. — La fotografia sul vetro. — L'albumina ed il collodio. — Sensibilizzazione della lamina collodionata. — Scelta di buona carta fotografica. — Sensibilizzazione della carta per le immagini positive. — Torchietti per le riproduzioni. — Fissazione ed intonazione delle immagini positive.

Ad onta di tutti questi perfezionamenti la daguerrotipia non poteva dare che un solo ritratto ad ogni operazione. Come si raggiunse quella straordinaria facoltà di riproduzione che in oggi vi permette di avere centinaia dei vostri ritratti dopo aver posato una volta sola e per pochi istanti dinanzi la macchina fotografica? Ciò si ottenne trasportando la fotografia dal metallo alla carta, passando dalla daguerrotipia alla fotografia propriamente detta. Le immagini fotografiche che si ottengono sulla carta sono completamente prive di quell'incomodo riflesso metallico che pur si riscontra, sebbene in piccolo grado, anche nelle immagini daguerriane ottenute col metodo di Fizeau; l'immagine non rimane soltanto alla superficie della carta, ma penetra nei pori di quest'ultima fino a certa profondità, il che le assicura una durata indefinita. Ottenuto il primo esemplare si può da questo ricavarne qualsivoglia numero di perfettissime copie. Aggiungi poi che il mite costo della carta rende la fotografia ben più economica della daguerrotipia la quale, come si è detto, richiede lamine di rame argentato che riescono ben più costose della carta.

La fotografia sulla carta è un'invenzione dell'inglese Fox Talbot; i suoi primi tentativi risalgono all'anno 1834, avendoli continuati, con lodevole perseveranza, per corso di parecchi anni, riesci ad ottenere eccellenti prove fotografiche sulla carta. Nel marzo 1839, ei pubblicò nel *Philosophical Magazine*, la particolareggiata descrizione del metodo da lui seguito, al quale ei dava il nome di *Calotipia*. Quest'interessantissima modificazione passò dapprincipio inosservata, alcuni tentativi riesciti poco felicemente fecero supporre, agli imitatori, che Talbot avesse tenuta segreta qualche particolarità indispensabile alla buona riuscita e per ciò, tutto l'entusiasmo degli amatori rimase assorbito ancora per parecchi anni dalla daguerrotipia. La fotografia sulla carta fu apprezzata convenientemente solo a partire dal 1847, grazie alle esperienze fotografiche, eseguite secondo il metodo di Talbot, da un dilettante di

Lilla, Blanquat-Évrard; la daguerrotipia fu detronizzata, la nuova invenzione si diffuse per ogni dove con incredibile rapidità e raggiunse in breve un alto grado di perfezione.

Prima di esporvi il processo pratico della fotografia sulla carta, crediamo opportuno farvi conoscere in cosa consista l'invenzione di Talbot.

I sali d'argento e più particolarmente il cloruro, il bromuro ed il ioduro d'argento sono naturalmente incolori finché sono al riparo dalla luce solare, ma esposti a questa luce anneriscono in breve. Da ciò si comprende che una carta preparata coi sali d'argento ed esposta, nella camera oscura, all'azione della luce che attraversa le lenti, annerirà nelle porzioni corrispondenti ai punti più illuminati dell'oggetto esterno, annerirà meno nelle porzioni corrispondenti alle mezze tinte e rimarrà bianca nelle porzioni corrispondenti a quelle parti dell'oggetto esterno che, trovandosi nell'ombra, riflettono scarsissima luce. Perciò quella carta, imbevuta di sali d'argento, dopo d'esser rimasta per qualche tempo nel fuoco della camera oscura, darà una immagine rovescia, o come dicesi *negativa* (vedi fig. 16), dell'oggetto esterno; i tratti più *chiari* dell'oggetto esterno saranno rappresentati dai tratti più *oscuri* dell'immagine ottenuta sulla carta fotografica, mentre i *chiari* di questa corrispondranno agli *oscuri* dell'oggetto, le gradazioni intermedie rappresenteranno le *mezze-tinte*. Questo risultato non sarebbe troppo soddisfacente, perchè, come abbiamo detto, l'immagine così ottenuta è rovescia, ma c'è modo di raddrizzarla, di ottenere cioè un'immagine, i *chiari* e gli *oscuri* della quale corrispondono rispettivamente ai *chiari* ed agli *oscuri* dell'oggetto. Per ottenere questa nuova immagine che dicesi *positiva* (vedi fig. 17), si ricopre con una carta fotografica (ossia imbevuta di sali d'argento) l'immagine negativa già ottenuta e la si espone alla luce solare; avrete già indovinato che le parti più o meno annerite dell'immagine negativa intercederanno completamente o parzialmente, il passaggio dei raggi luminosi e

quindi la sollostante carta fotografica rimarrà completamente bianca in tutti i punti ricoperti dai tratti più oscuri della negativa, annerirà parzialmente in tutti i punti corrispondenti alle mezze tinte, annerirà completamente nei punti corrispondenti ai bianchi della negativa, i quali avranno lasciato passare completamente la luce solare. Quest'immagine *positiva* risulterà quindi perfettamente conforme alla vera apparenza dell'oggetto dipintosi naturalmente nel fuoco della camera oscura.

Badiamo ora alle operazioni che compie il fotografo: disposta opportunamente la sua camera oscura (fig. 3), ei regola la distanza dell'obiettivo applicato alla parete B ma invisibile nella fig. 3 dalla parete di vetro smerigliato C, che le sta in faccia, in modo che l'immagine dell'oggetto esterno abbia il suo fuoco su quella parete, poi toglie la parete C e sostituisce ad essa un telaio sul quale è teso un foglio di carta imbevuta di ioduro d'argento; allora la luce dipinge sovr'esso un'immagine piccola e rovescia dell'oggetto esterno. Se quel foglio di carta non fosse imbevuto di un sale d'argento, avreste un bel lasciarlo esposto alla luce nell'oterno della camera oscura; anche in capo ad un anno lo ritirereste intatto; ma grazie al ioduro, potete, dopo mezzo minuto soltanto, ritirare quel foglio dalla camera oscura e ricavarne l'immagine desiderata; in quei trenta secondi la luce impressionò la carta fotografica e tracciò sovr'essa con misteriosi caratteri un'immagine negativa a piccola dell'oggetto esterno. Quel foglio non presenta invero alcuna immagine, ma immergendolo in una soluzione di *acido pirogallico*, vedrete comparire a poco a poco, quasi per incanto, una perfetta immagine negativa; quell'acido si combina col ioduro d'argento in tutti i punti in cui questo sale fu più o meno modificato dalla luce e forma così esso un *gallato d'argento* che a poco a poco annerisce. Si toglie l'eccesso del sale d'argento lavando quella carta in una soluzione di iposolfito di soda: ed ecco ottenuta la *negativa*. Si adagia questa negativa sopra un foglio di carta imbevuta di cloruro d'argento, si collocano queste due carte fra due lastre di vetro, si circondano con un telaio di legno e quindi si espongono per 15 o 20 minuti alla luce diretta del sole; quando il cielo è coperto, l'esposizione alla luce diffusa richiede da mezz'ora a sei ore, secondo che la luce è più o meno intensa. Dopo questo tratto di tempo si

è in possesso d'una bella immagine *positiva*; anche questa vuol essere spogliata dal sale d'argento non modificato dalla luce, e per ciò è analogamente necessaria la lavatura coll'iposolfito di soda. Il cavalletto rappresentato dalla figura 14, può ricevere contemporaneamente parecchie negative, inclinandolo più o meno si può far giungere sovr'esse, a perpendicolo, i raggi solari e quindi affrettare la produzione delle immagini positive.

Da una sola *negativa* si può ricavare un numero indefinito di *positive*; perciò la negativa è detta dai francesi *cliché*, che vale stampo, matrice.

La natura fibrosa e poco omogenea della pasta della carta, il suo ineguale restringersi con le

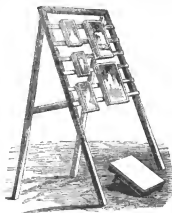


Fig. 14. CAVALLETTO PER L'ESPOSIZIONE DELLE PRIVE FOTOGRAFICHE ALLA LUCE DIFFUSA.

successive lavature, non permettevano di ottenere immagini con contorni netti e precisi; perciò i fotografi studiarono il modo di sostituire alla carta qualche sostanza che ne avesse i pregi senza averne i difetti. Il *vetro* riunisce appunto queste qualità, le immagini fotografiche ottenute sopra lastre di vetro, convenientemente preparate, come diremo fra breve, riescono perfettamente nitide e precise. L'importante sostituzione delle lastre di vetro alla carta è dovuta a Niepce di St. Victor, cugino di quel Nicéphore, che, come abbiamo narrato, fu il fondatore della fotografia.

Per ottenere immagini fotografiche sopra lastre di vetro si coprono queste ultime con un leggero

strato di *albumina* liquida, ossia col chiaro di uovo battuto a neve e lasciato riposare, il quale vien predisposto alle operazioni fotografiche aggiungendovi una certa quantità di ioduro di potassio. Per albuminare grandi lastre di vetro si ricorre all'*apparecchio a forza centrifuga* rappresentato dalla fig. 15. La lastra di vetro A è fissata, mediante due viti di pressione, sulla faccia superiore d'una tavoletta orizzontale sostenuta nel mezzo da una colonnetta girevole intorno al proprio asse verticale. Nel piede della

colonnetta è praticata una scanalatura circolare nella quale viene introdotta una corda continua che d'altra parte si accavalca in una scanalatura circolare praticata nel contorno d'un disco B mobile intorno al proprio centro. Impugnando il

bottono che sporge dalla faccia superiore di questo disco, si imprime ad esso un rapido movimento circolare che, grazie alla corda continua, si trasmette alla colonnetta e questa, così obbligata a girare velocemente, imprime analogo movimento circolare

alla tavoletta ed alla sovrastante lastra di vetro, perciò l'albumina versata sulla superficie superiore della lastra è obbligata dalla forza centrifuga ad allontanarsi dal centro ed a bagnare successivamente tutta la superficie del vetro, la quale riesce in breve co-

perta d'un sottile strato di albumina. Si lascia seccare questo strato d'albumina mista a ioduro, si ottiene così, sulla lastra di vetro, un intonaco liscio e trasparente. Quando il fotografo vuol operare, ei tuffa quella lastra di vetro entro ad

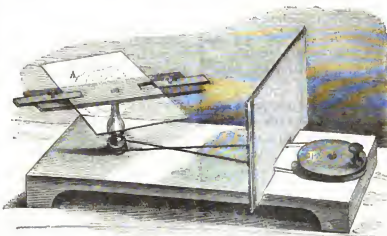


Fig. 15. APPARECCHIO PER ALBUMINARE GRANDI LASTRE DI VETRO.



Fig. 16. SAGGIO DI PROVA NEGATIVA.

una soluzione di nitrato d'argento. L'azione del ioduro, già unito all'albumina, sul nitrato di argento, produce — per una doppia combinazione chimica — una certa quantità di ioduro d'argento: è questo l'agente fotografico, cioè la



Fig. 17. SAGGIO DI PROVA POSITIVA.

materia che deve ricevere l'impressione dei raggi luminosi.

Dopo d'aver preparata a questo modo la sua lastra di vetro, il fotografo la colloca nel fuoco della camera oscura ed opera poscia nello stesso

modo superiormente indicato per la fotografia sulla carta. Ottenuta sul vetro l'immagine *negativa*, la si trasporta sulla carta, procedendo in modo analogo a quello superiormente accennato, e poscia si ottengono successivamente sulla carta quante *positive* si desiderano. Così non prendete abbaglio quando udrete parlare di *fotografia*

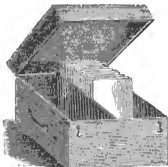


FIG. 18. CASSETTA PER LE LASTRE DI VETRO PER LA FOTOGRAFIA.

sul vetro; questa è precisamente la fotografia quotidianamente impiegata ad ottenere le *prove negative* che poi servono a produrre sulla carta i ritratti fotografici (*prove positive*).

All'albamina si sostituisce, fin dal 1851, un'altra sostanza, il *collodio*, da noi già menzionato (Vedi Vol. I, pag. 74) parlando del cotone fulminante. Il collodio accelera straordinariamente l'azione chimica dei raggi luminosi sui preparati d'argento; grazie al collodio, bastano 8 a 10 secondi, d'esposizione della lastra nel fuoco della camera oscura, per ottenere le desiderate immagini negative. Perciò appunto i fotografi, quando vogliono

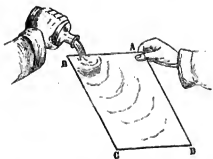


FIG. 19. APPLICAZIONE DEL COLLIDIO SULLA LASTRA DI VETRO.

fare dei ritratti preferiscono generalmente il collodio all'albamina, poichè il primo permette di render minimo il periodo d'immobilità di chi posa per farsi ritrarre.

Combinando opportunamente ed in debite proporzioni alcuni bromuri e ioduri, si può assegnare tale sensibilità alla lastra di vetro collodionata, da ricavarne *prove istantanee*, si può

così fissare la volubile immagine delle nubi spinte dal vento, d'una vettura trascinata da veloce destriero e si può persino raccogliere l'immagine d'una locomotiva lanciata a rapida corsa.

L'applicazione del collodio all'arte fotografica è dovuta ai signori Archer di Londra e Le Gray di Parigi che la resero di pubblica ragione nel 1851.

Il collodio più comunemente impiegato dai fotografi si compone nelle seguenti proporzioni:

Etere a 58°	144 grammi
Alcool a 90°	72 »
Cotone fulminante	1,5 »
Ioduro di cadmio	1,5 »
» di ammonio	1,0 »

Il liquido così ottenuto vuol essere filtrato, tenendolo riparato dall'aria e quindi convien custodirlo in vasi ben chiusi, poichè l'etere e l'alcool contenuti nella miscela volatilizzano rapidamente quando sono esposti all'aria libera, nel qual caso le proprietà del collodio si altererebbero ben presto.

L'applicazione del collodio sulla lastra di vetro dev'essere eseguita molto accuratamente affinché la pellicola di collodio risulti levigatissima e di uniforme spessore. L'operatore prende una lastra di vetro, dalla cassetta (fig. 18) in cui son custodite le lastre che hanno già subita la pittura, e ne stringe un angolo (fig. 19) fra l'indice ed il pollice, mentre con l'altra mano versa il collodio incominciando dall'angolo E; inclinando leggermente la lastra ora verso destra ora verso sinistra si riesce a spalmarla completamente; bisogna evitare qualsiasi interruzione, poichè basterebbe questa per produrre ineguaglianze nello spessore della pellicola, le



FIG. 20. MODO PER RACCOLGERE IL COLLIDIO ESUBERANTE.

ineguaglianze riescirebbero poi dannose alla purezza dell'immagine negativa. Il collodio esuberante vien raccolto nel recipiente come lo indica la figura 20. In mezzo minuto durante l'estate ed in un minuto durante l'inverno, il collodio steso sul vetro perde la sua fluidità, grazie alla rapida evaporazione dell'etere e dell'alcool e, quando l'operazione sia stata eseguita a dovere,

il vetro rimane coperto d'una pellicola bianco-giallastra. Per rendere sensibile la lastra all'azione della luce o, come dicesi, per *sensibilizzarla*, le si immerge in un bagno d'argento composto di 5 ad otto grammi di nitrato d'argento sciolti in 100 grammi d'acqua distillata. In capo a due o tre minuti i ioduri contenuti nella pellicola di collodio si combinano con l'argento sciolto nel bagno e formano con esso, alla superficie della pellicola, un ioduro d'argento sensibilissimo all'azione della luce, perciò appena ritirata la lastra dal bagno d'argento (operazione che, come abbiamo già detto, vuol essere eseguita nel gabinetto oscuro) la si introduce in una cassetta (fig. 21) le cui due facce maggiori sono mobili, la faccia o parete *a* scorre entro



Fig. 21. CASSETTA PER LE PROVE FOTOGRAFICHE.

a scanalature laterali e può essere alzata od abbassata a piacere, la parete *b* è mobile a cerniera come una portina; chiusa la parete *a* si introduce il vetro sensibilizzato nella cassetta, disponendolo in guisa che la parte collodionata guardi la parete *a*; chiusa allora anche la portina *b*, il vetro rimane al riparo dalla luce, e l'operatore può, senza alcun timore, trasportarlo nella stanza in cui dovrà essere eseguito il ritratto. Il panno collocato sulla parte posteriore della camera oscura (vedi figura 1) intercetta il passaggio della luce e quindi permette all'operatore di vedere sulla vetrina smerigliata *C* (vedi figura 3) nella voluta grandezza l'immagine ch'ei vuol ritrarre, et toglie allora il vetro *C* e sostituisce ad esso la cassetta (fig. 21) che, come sappiamo, contiene il vetro sensibilizzato; solle-

vando la parete *a* (fig. 21) l'immagine luminosa che prima colpiva il vetro smerigliato della camera oscura, colpisce ora la lastra collodionata, ed in capo a pochi secondi il ioduro d'argento di cui essa è coperta ha subita l'azione chimica



Fig. 22. SVILUPPO DELLA NEGATIVA MERIE L'ACIDO PIROGALLICO.

della luce. Allora l'operatore abbassa la parete *a*, estrae la cassetta e la porta di bel nuovo nel gabinetto oscuro, e qui conviene *stappare* l'immagine, il che si eseguisce, come abbiamo già



Fig. 23. LAVATURA DELL'IMMAGINE NEGATIVA.

indicato, versando sulla stessa una soluzione d'acido pirogallico colle stesse avvertenze suggerite per l'applicazione del collodio, ed anche qui il liquido esuberante può essere raccolto nel recipiente (fig. 22). In meno di due minuti l'i-

immagine negativa è chiaramente visibile, allora la si lava con un getto d'acqua pura artificialmente provocato (fig. 23); per ultimo si toglie il ioduro d'argento immergendo la lastra in un bagno composto di 120 grammi di iposolfito di soda sciolti in 360 grammi d'acqua e così l'immagine *negativa* rimane definitivamente fissata sulla lastra di vetro. Da essa si può ottenere un numero indefinito di immagini positive su carta, ricoprendo la carta fotografica colla lastra di vetro contenente la negativa ed esponendo quest'ultima sia alla luce diretta del sole sia alla luce diffusa.

La carta impiegata per le immagini positive deve avere una superficie unita ed esente da macchie, dev'essere di pasta perfettamente omogenea e contenere abbondante quantità di colla. Per trasformare questa carta in carta fotografica, la si

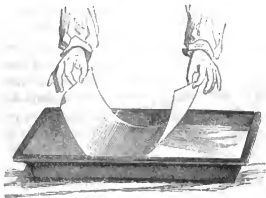


Fig. 23. PREPARAZIONE DELLA CARTA FOTOGRAFICA PER LE IMMAGINI POSITIVE; IMMERSIONE DELLA CARTA CLORURATA NEL BAGNO DI NITRATO D'ARGENTO.

impregna anzitutto di cloruro di sodio, immergendola in una soluzione di sal comune; questa immersione deve durare circa venti minuti, in capo ai quali si ritira la carta e la si lascia asciugare; quindi conviene sensibilizzarla immergendola (fig. 24) in un bagno d'argento preparato, sciogliendo 200 grammi di nitrato d'argento in un litro d'acqua distillata; ritirata la carta dal bagno la si lascia asciugare in un luogo oscuro, senza questa precauzione la carta così ottenuta annerirebbe inevitabilmente per l'azione della luce, quando è secca si può senz'altro impiegarla per lo scopo desiderato.

La figura 25 rappresenta un *telaio per le riproduzioni*, come si scorge, esso è un quadro di legno sul cui fondo è applicata una lastra di vetro; su questa si adagia anzitutto il vetro contenente l'immagine negativa, in modo che la su-

perficie rivestita di collodio sia rivolta verso l'interno del telaio, e su quest'ultima si colloca la carta fotografica; si chiude il coperchio superiore del telaio e si espone il tutto alla luce diffusa servendosi del cavalletto superiormente menzionato (fig. 14). Il coperchio superiore del telaio è formato, come scorgesi dalla figura 25, di due parti congiunte a cerniera, e così, mentre l'una rimane compressa mercè una vite e quindi mantiene immobile il foglio di carta applicato sul vetro, l'altra può essere sollevata. Tale disposizione permette all'operatore di esaminare di quando in quando — nel suo gabinetto oscuro, al riparo dalla luce — in quale stadio si trovi lo sviluppo dell'immagine positiva.

La figura 26 indica un altro modello di telaio che per la sua semplicità è reputato il migliore fra quanti furono fino ad ora ideati, allo scopo di riprodurre le immagini positive; esso consiste

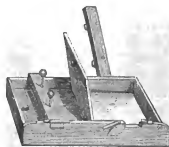


Fig. 25. TELAIO PER LE RIPRODUZIONI.

in un quadro ABCD alla cui faccia inferiore è applicata una lastra di vetro, mentre la faccia superiore è coperta da una tavoletta EE, formata di due porzioni congiunte a cerniera; ciascuna di esse è provvista superiormente d'una molla o; per servirsi di quest'apparecchio si solleva la tavoletta EE, si adagia sul quadro ABCD il vetro contenente l'immagine negativa, la si ricopre con la carta fotografica; ricollocata la tavoletta EE e fatte entrare ambe le estremità dei fermagli RR entro alle scanalature praticate nei due regoli laterali SS, tanto la negativa quanto la carta ad essa sovrapposta rimangono fortemente compresse dalla faccia inferiore della tavoletta EE grazie all'azione delle molle o o superiormente menzionate.

Come abbiamo già detto precedentemente, le immagini positive si hanno tanto più rapidamente, e quindi tanto minore riesce la durata della loro esposizione alla luce quanto più essa è intensa;

convien però notare che i chiaro-scuri riescono tanto più marcati quanto più è lenta la produzione dell'immagine positiva; perciò ogni qualvolta si vorranno avere immagini nelle quali vi sia un vivo contrasto fra i bianchi e i neri, converrà esporre il telaio alla luce diffusa, nel caso contrario lo si esporrà direttamente ai raggi solari.

Le prove positive così ottenute vengono portate nel gabinetto oscuro, e colà vogliono essere lavate in un bagno abbondante d'acqua pura per togliere alla carta tutto il nitrato d'argento che non subì l'azione chimica della luce; dopo di ciò si immerge la prova in un bagno formato di 75 grammi di iposolfito di soda sciolti in 500 grammi d'acqua distillata; quest'operazione, che deve durare da 15 a 20 minuti, ha per iscopo di fissare l'immagine, ovvero di renderla invariabile.

Le prove positive, fissate coll'iposolfito di soda, rimarrebbero dotate d'una tinta rossiccia che riuscirebbe poco gradevole; si rimedia a questo inconveniente sottoponendo la prova positiva ad un nuovo processo che dice *infonazione* (il *virage* dei francesi); fra i vari me-

todi suggeriti a questo scopo, il più semplice consiste nel lavare con molta acqua le prove che furono già fissate mercè il bagno d'iposolfito di soda e nel tuffarle quindi in un bagno composto di 1 grammo di cloruro d'oro neutro, sciolto in 1000 grammi d'acqua distillata; grazie a quest'ultimo bagno i neri della prova si rinvigoriscono, le mezze tinte prendono un colore violaceo che accresce l'armonia dell'immagine, i bianchi rimangono benissimo conservati. Un'ulteriore lavatura della prova in un bagno d'acqua pura completa la serie delle operazioni necessarie ad ottenere le immagini positive, dopo di ciò si espongono ad asciugare all'aria aperta e si incollano sul cartoncino.

La sostituzione del collodio all'albmina segnò, come abbiain detto più sopra, un reale progresso

nella fotografia, poichè permise di ridurre di molto la durata dell'esposizione, e diede risultati incomparabilmente superiori a quelli ottenuti prima d'allora, tuttavia la fotografia al collodio presentava ancora un grave inconveniente; col processo da noi sommariamente descritto essa è possibile ad una condizione soltanto: l'esposizione nella camera oscura deve verificarsi non appena la lastra fu sensibilizzata, ossia *mentre il collodio è ancor umido*; se il collodio sensibilizzato avesse il tempo d'asciugarsi, la sua superficie perderebbe in gran parte la virtù di impressionarsi quasi istantaneamente sotto l'azione della luce, la durata dell'esposizione dovrebbe essere molto lunga e tuttavia non si otterrebbero che immagini assai imperfette. Il processo al collodio

umido non è quindi applicabile ai difuori del laboratorio fotografico, il fotografo viaggiatore non può valersene che a condizione di portar seco in campagna un voluminoso bagaglio.

Tutti i cultori della fotografia si posero quindi a rintracciare un mezzo che valesse a mantenere per lungo tempo nelle lastre collodionate le loro

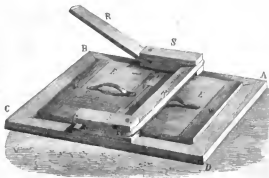


Fig. 24. TORCHETTO PER LE RIPRODUZIONI.

buone qualità fotografiche; l'intento fu raggiunto con due metodi diversi, l'uno di essi si limita a mantenere costantemente umida la pellicola di collodio ricoprendola d'una soluzione di sostanze inette a seccare od a cristallizzare, i nitrati di manganese, di nichello, di zinco, il miele semplice od alcoolizzato, la glicerina, lo sciroppo di gelatina, lo zucchero, l'acqua di prugne, risponderebbero pienamente allo scopo, se non presentassero un grave inconveniente nella facilità con cui i pulviscoli natanti nell'aria aderiscono allo strato umido, per tal motivo è generalmente preferito il secondo metodo detto al *collodio secco*, poichè pur conservando al collodio tutti i suoi pregi, non lo espone a ricoprirsi di pulviscoli che danneggerebbero poi la nitidezza delle immagini fotografiche; sulla lastra già ricoperta dalla

pellicola di collodio si versa con le ormai note precauzioni un liquido ottenuto mescolando le seguenti sostanze nelle proporzioni qui indicate.

Albumina	240,00 centim. cubi
Acqua distillata	50,00 » »
Joduro d'ammonio . . .	2,50 grammi
Bromuro	0,75 »
Ammoniaca pura . . .	20,00 »
Zucchero bianco	6,00 »

il tutto dev'essere battuto a neve, lasciato immobile per un giorno e quindi filtrato.

Le lastre di vetro così preparate vengono immerse nel bagno d'argento, dopo di che possono conservarsi utilmente anche per molti mesi, possono quindi essere vantaggiosamente impiegate anche dai fotografi paesaggisti che operano in aperta campagna.

IV (1).

Scarsa durata delle immagini fotografiche; dolorosa conseguenza. — Fotografia alle polveri indelebili. — La gelatina e i dicromati alcalini. — Prove fotografiche colorate a piacimento. — Prove in rilievo su gelatina, riproduzione delle medesime in gesso ed in rame: la *foto-incisione*. — La *foto-litografia* e la *foto-zincografia*.

Per quanto accurata sia la tiratura delle ordinarie prove fotografiche, per la natura del materiale di cui sono costituite, esse non presentano la durata di una litografia, di un'incisione in cui il nero fumo che ne forma la base sfida le ingiurie dei tempi. Si è per questa poca stabilità delle prove fotografiche comuni, che bene spesso si finisce col restar privi di una dolce e cara memoria. Ad onta delle replicate lavature, rimane sempre sulla superficie della carta, una certa quantità di iposolfito, di soda, basta la presenza di questa sostanza, anche in minime proporzioni, per provocare, dopo un tempo più o men lungo, la trasformazione dell'argento in solfuro, poscia in solfato ed allora ogni traccia dell'immagine scompare. Perciò i fotografi si sono, già da qualche tempo, proposti il compito di sostituire ai preparati di argento, base dell'attuale fotografia, delle sostanze indelebili,

che possano vittoriosamente resistere al dente dei secoli.

Senza entrare in minuti particolari intorno ai vari sistemi sino ad ora proposti per ottenere *fotografie alle polveri indelebili*, diremo soltanto che i medesimi si fondano sulla scoperta fatta nel 1843 dal signor Talbot, che la gelatina addizionata di un dicromato alcalino diviene completamente impermeabile ed insolubile sotto l'azione della luce; posteriormente l'ingegnere Poitevin adoperò la gelatina unita al dicromato di potassa per spalmarne dei fogli di carta, che dopo essiccamento vengono esposti alla luce diretta o diffusa sotto ad un disegno o ad una prova negativa da riprodursi; dopo un'esposizione più o meno lunga a seconda dell'intensità della sorgente luminosa, si applica sul foglio di carta gelatinata, uno strato



[Fig. 27. FOTOGRAFO VIAGGIANTE.

uniforme di inchiostro tipografico o litografico, meno denso del consueto e si immerge quel foglio di carta nell'acqua pura. Allora tutti quei punti della superficie gelatinosa che non furono modificati dalla luce abbandonano l'inchiostro grasso, tutti gli altri all'incontro, lo ritengono in quan-

(1) Questo capitolo ed i due seguenti sono in gran parte ricavati dall'appellativo *Trattato generale di Fotografia* del professore L. BONLINETTO, Padova, Prosperini 1868, al quale rimandiamo i lettori che bramasero conoscere più profondamente le manipolazioni e le formule fotografiche.

tà tanto maggiore quanto più sensibile fu l'azione sovr'essi esercitata dai raggi luminosi. In luogo dell'inchiostro da stampa si possono impiegare polveri colorate impalpabili, e grazie ad esse si ottengono prove positive di quel colore che più si desidera (1).

Grazie alla singolare proprietà posseduta dalla gelatina mista a dicromato di potassa, di riuscire insolubile nell'acqua in tutti quei punti che non furono intaccati dalla luce, si può ottenere sulla gelatina una positiva in rilievo. Numerosi sistemi furono proposti a tal uopo; noi ci limiteremo ad accennare quello suggerito dal colonnello Baratti, valente cultore della fotografia, già redattore del cessato periodico *La Camera oscura*. Ottenuta la prova su gelatina, la si immerge per cinque o sei ore in un bagno d'acqua tiepida; la gelatina non impressionata dalla luce si scioglie completamente, quella corrispondente alle mezze tinte si scioglie solo in parte, il resto rimane intatto. Dall'immagine in rilievo così ottenuta si leva una impronta delicatissima impiegando gesso, ridotto in polvere impalpabile mescolato con acqua. In capo a mezz'ora l'impronta in gesso può essere staccata dal vetro e quindi la si lascia asciugare all'aria od alla stufa; per accrescere la durezza della prova in gesso la si immerge per tre o quattro volte nell'olio di lino caldo, lasciandola ogni volta per dieci minuti. Dopo di ciò si può utilizzare quella prova in gesso sia immediatamente ricavandone un certo numero di copie all'inchiostro, sia ottenendone una controprova in rame, mercè la galvanoplastica (2) ed in questo secondo caso si può quindi ricavarne, con successive tirature, come da un'ordinaria incisione in rame, migliaia di esemplari del tutto conformi alla primitiva immagine fotografica.

È questo il principio su cui si fonda la *foto-incisione* che va giornalmente perfezionandosi e che certamente è destinata ad un brillante avvenire.

E qui siamo lieti di poter accennare che quest'importante applicazione dell'arte fotografica è entrata anche in Italia nel campo industriale per merito della solerte casa G. O. Wagner e C.

che in questi nitidi tempi ha aperto in Milano (1) uno stabilimento per la foto-incisione, dal quale escono già eccellenti prototipi ottenuti con un processo speciale, a noi ignoto, ideato dal signor Aret, distinto colonnello di stato maggiore nel nostro esercito.

Abbiamo già detto che il dicromato di potassa, mescolato con una materia organica (gelatina, albumina o gomma arabica), con la quale sia stato spalmato un foglio di carta ritiene per aderenza l'inchiostro da stampa, nelle parti colpite dalla luce, mentre nei punti non impressionati da quest'ultima l'inchiostro può essere esportato mercè una lavatura con semplice acqua. Si ottiene lo stesso risultato anche adoperando una pietra litografica in luogo della carta. Ciò permette di riprodurre le fotografie anche per mezzo della litografia, è questa la base della *foto-litografia*. Ricorderemo uno dei processi fino ad ora proposti, il quale avrebbe il vantaggio di fornire immagini con tinte perfettamente degradate.

Fatto un miscuglio di una soluzione salina di dicromato di potassa e di una soluzione di gomma arabica assai densa, si spalma con esso una pietra litografica, di grana assai fina; si soffrega quest'ultima con un pannolino finissimo sino a che non presenti veruna ineguaglianza e il pannolino non si colori in giallo. Sulla pietra così preparata si colloca una prova positiva in vetro od in carta e quindi si espone all'azione luminosa per un tempo che varia secondo il grado di trasparenza della immagine e lo stato del cielo. Poscia si versa sulla pietra una soluzione di potassa caustica, di lì a pochi minuti la si toglie diligentemente per mezzo d'una spugna e quindi si versa sulla pietra una soluzione di sapone di Marsiglia. La varia densità di questa soluzione ed il tempo che essa rimane sulla pietra, hanno la massima influenza sull'esito della prova, ed in specie sulla conservazione delle mezze tinte. Levata anche questa soluzione, mercè una spugna, si ricopre la pietra con una soluzione densa di gomma arabica. Dopo perfetto disseccamento della gomma la prova può venir trattata col metodo ordinario della litografia.

(1) I lettori che amassero conoscere particolarmente i vari processi attualmente in uso potranno utilmente consultare la recente pubblicazione del professore L. BELLINZAGHI, *Fotografia alle polveri colorate*, Padova tip. Sacchetto, 1899.

(2) Ricorrendosi a parlare della galvanoplastica nel corso di questo volume, ci basta per ora accennare che immergendo la prova in

gesso in un bagno di solfuro di rame, e stabilendo opportuna comunicazioni con una pila elettrica, il rame metallico contenuto nel bagno si precipita lentamente sulla superficie della prova in gesso e così si ottiene una lastra di rame che riproduce in levato, con la massima esattezza, tutti i rilievi della prova in gesso.

(1) Corso P. Vittoria, 32.

In luogo della pietra litografica taluni impiegano allo stesso scopo lamine di zinco, questo nuovo ramo d'industria, chiamato *foto-zinco-*

grafia, sembra specialmente destinato all'economica riproduzione di carte geografiche, manoscritti, disegni geometrici e simili.

V.

Ingrandimento delle immagini fotografiche; l'aberrazione di sfericità. — *Camera solare* di Monkhoven. — L'eliostato. Fotografie microscopiche. — Il microscopio Stanhope. — Applicazione all'arte militare.

I ritratti che si possono avere mercè la fotografia hanno generalmente dimensioni molto piccole, le quali non corrispondono pienamente al desiderio del pubblico; si vorrebbero possedere ritratti di grandi dimensioni, in grandezza eguale od anche maggiore del naturale, ma per raggiungere quest'intento sarebbe mestieri poter disporre di obbiettivi speciali e molto costosi e di camere oscure di dimensioni molto grandi e quindi incommode. In vista di queste difficoltà i fotografi si proposero di ottenere, dalle ordinarie prove negative, delle prove positive notevolmente ingrandite. Questo problema a primo aspetto semplicissimo, non riesce poi tale nella pratica. Una lanterna magica ordinaria (Vol. I, pag. 246) basterebbe infatti a produrre un'immagine ingrandita, ma nell'applicazione pratica si incontrarono parecchi ostacoli imprevisi. Fra i vari apparecchi ideati per superare le difficoltà incontrate nell'ingrandimento delle immagini negative è giustamente preferito quello dovuto al valente fotografo Monkhoven, del quale apparecchio, detto *camera solare*, daremo ora una sommaria descrizione.

La *camera solare*, rappresentata dalla fig. 23 si compone d'una cassetta parallelepipedica (nella nostra figura si suppongono levati il coperchio superiore ed una parete). Come nella lanterna magica così anche nella camera solare l'oggetto di cui si vuol ottenere l'immagine ingrandita, che nel caso particolare è una prova negativa ottenuta sul vetro, vuol essere collocato fra una gran lente biconvessa AA che riceve dall'esterno — il come lo vedremo fra breve — un fascio di raggi solari, ed un sistema di due piccole lenti destinate a produrre l'ingrandimento, queste son racchiuse nel tubo, od obbiettivo, C. La prova negativa è collocata nel centro del telaio EF; con tale disposizione i raggi solari resi convergenti dalla lente biconvessa AA (vedi Vol. I, pag. 215, fig. 209), illuminano vivamente la prova negativa, quindi attraversando le lenti di ingran-

dimento collocate nel tubo C vanno a formare sullo schermo LM (vedi fig. 29) un'immagine notevolmente amplificata. Tale disposizione però presenta un grave inconveniente; l'ingrandimento dell'immagine non riesce uniforme in tutta la sua estensione, verso il centro esso è meno grande che verso il contorno dell'immagine che per tal modo risulterebbe deformata. Per rimediare a quest'inconveniente, derivante dalla curvatura delle lenti ed al quale si dà il nome di *aberrazione di sfericità*, Monkhoven introduce nella camera solare (fig. 28) una lente concava-convessa BB la quale rivolge la sua concavità alla lente AA; calcolando abilmente la curvatura delle lenti e le reciproche distanze alle quali convien collocarle, Monkhoven riesci ad eliminare completamente l'aberrazione di sfericità e pur ottenendo notevolissimi ingrandimenti ricavò immagini del tutto prive di deformazione.

La figura 29 rappresenta la camera solare in azione: uno sgabello DE permette di mantenerla all'altezza d'un foro B praticato nella finestra A, esternamente a questa è opportunamente collocato uno specchio piano (invisibile nella nostra figura) che riceve i raggi solari e li rinvia — per riflessione (Vedi Vol. I, pag. 209, fig. 195) — in un fascio di raggi paralleli ed orizzontali sulla gran lente AA (fig. 28), attraversano, come abbiamo già detto, la camera solare ed escono dall'obbiettivo C in un fascio di raggi divergenti; collocando quindi sullo schermo ML (fig. 29) sia una carta, sia un vetro, preparati a ricevere immagini fotografiche, si ottiene, dalla piccola prova negativa collocata sul telaio EF (fig. 28), una prova positiva ML (fig. 29) notevolmente ingrandita. Come ben si comprende l'ingrandimento riesce tanto più sensibile quanto più grande è la distanza dello schermo ML dall'obbiettivo della camera solare. Con l'apparecchio di Monkhoven si hanno immagini alte 0.^m 50 quando quella distanza è di 0.^m 90, immagini alte 0.^m 90 per la

distanza di 2.^m 00; alla distanza di 3.^m 00 si ottengono immagini dell'altezza di 1.^m 20.

Diremo ancora che per la buona riuscita dell'operazione è necessario che i raggi luminosi, penetrando nella camera solare, grazie allo specchio piano collocato esternamente al foro B, si mantengano costantemente orizzontali; ciò non

si verificherebbe se lo specchio piano rimanesse immobile, poichè la direzione dei raggi solari e quindi quella dei raggi riflessi dallo specchio piano varierebbe continuamente dal sorgere al tramontare del sole. Se dunque lo

specchio sarà collocato debitamente ad una certa ora, cioè se a quell'ora sarà messo in tal posizione da riflettere i raggi solari in direzione orizzontale, la stessa giacitura non servirà più all'intento neppure nell'istante successivo. Per rimediare a quest'inconveniente si fa uso d'un ingegnoso apparecchio che può essere manovrato a mano o meglio ancora mercè un meccanismo d'orologeria, il quale agendo continuamente, muove lo specchio in maniera da paralizzare l'influenza del moto apparente del sole (ossia del moto diurno della Terra) e così ad onta della continua deviazione dei raggi solari, questi vengono costantemente riflessi dallo specchio nella voluta direzione; questo apparecchio è chiamato *eliotato come*, a dire che ferma il sole.

Non meno interessanti sono le fotografie microscopiche: codeste fotografie, che ad occhio nudo compariscono come un semplice punto appena visibile, esaminate col microscopio rivelano

allo stupefatto osservatore un intero paesaggio, un gruppo di più persone perfettamente riconoscibili, una pagina di giornale comodamente leggibile. — Ormai questo genere di fotografie è entrato in commercio: si hanno minuscoli conformati come cannocchiali della lunghezza d'un centimetro, attraverso ai quali scorgonsi chiaramente

— quando si interpongono fra l'occhio ed una sorgente luminosa — ritratti, monumenti, paesaggi e simili; il prodigio è operato da una fotografia veduta attraverso ad un microscopio *Stanhope* che propriamente è un cilindretto

lungo 5 a 6 millimetri, una delle cui estremità è arrotondata e fa l'ufficio di microscopio, mentre l'altra estremità è perfettamente piana. Giovandosi d'un mastice trasparente si fissa su quest'ultima la fotografia, quindi si introduce il cilindretto in un cannocchiale lillipuziano, in un anello, in un fermaglio o simile.

Le fotografie microscopiche sono ottenute mercè una camera oscura molto lunga, munita di obbiettivo che trovasi nell'interno di essa. L'immagine di un'ordinaria prova negativa, che si colloca nella parete anteriore della camera oscura, va naturalmente a formarsi, in dimensioni

notevolmente ridotte, sulla parete posteriore di quest'ultima, e siccome la piccolezza dell'immagine non permetterebbe di giudicare ad occhio nudo quando essa è in fuoco (ossia quando l'immagine si dipinge perfettamente nitida sul vetro smerigliato), così l'operatore deve far uso d'un microscopio opportunamente collocato, per riconoscerla,

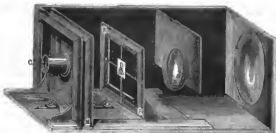


Fig. 28. CAMERA SOLARE DI WOODWARD.

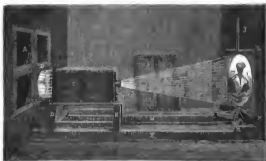


Fig. 29. INGROSSAMENTO DELLE IMMAGINI FOTOGRAFICHE.

per via di tentativi, quale sia la più conveniente distanza fra il vetro smerigliato e l'obiettivo della camera oscura.

Fu detto che questo genere di fotografia potrebbe riescire di qualche utilità in tempo di guerra, giacchè il cilindretto di vetro su cui è fissata l'immagine potrebbe, in luogo di questa, contenere un'importante comunicazione, un or-

dine, un piano. Il messaggero non avrebbe difficoltà a nascondere quell'impercettibile dispaccio, ed anche cadeado prigioniero ei potrebbe facilmente sottrarlo alle indagini del nemico. Questa però non è l'unica nè la più importante applicazione della fotografia, come potrete persuadervene scorrendo il seguente capitolo.

VI.

Applicazioni scientifiche della fotografia: Osservazioni meteorologiche registrate automaticamente ed in modo continuo. — Vantaggi delle registrazioni automatiche. — L'invenzione del dottor Brooke e la generosa ricompensa del Governo inglese. — Il foto-elettrografo dell'osservatorio di Kew. — Applicazioni della fotografia alla fotometria, all'astronomia, alla esteriormisura, alle scienze naturali. — Avveuire della fotografia.

L'applicazione dei processi fotografici, giustamente osserva il Figuier, nell'interessante opera *Merveilles de la Science*, reso alle scienze fisiche importanti servigi.

Le osservazioni meteorologiche istituite a varie riprese in ciascun giorno dell'anno forniscono preziosissimi elementi che, coll'andar del tempo, gettano splendida luce sulla fisica del globo e permetteranno ai scienziati di formulare con sempre maggior esattezza i pronostici meteorologici di incontestabile vantaggio per tutta l'umanità ed in particolare per i naviganti e gli agricoltori. Fuor d'ora però le osservazioni meteorologiche non poterono essere eseguite in modo continuo come sarebbe pur necessario, ma soltanto ad intervalli più o meno larghi nel corso della giornata; l'osservatore deve trascrivere di volta in volta, in apposito registro, i risultati delle sue osservazioni. Per quanto brevi eleno gli intervalli stabiliti fra due osservazioni successive, tuttavia mancano pur sempre i dati relativi a tutti gli istanti intermedi, aggiungi poi che la trascrizione materiale delle risultanze delle effettuate osservazioni non va esente da errori. Affidando invece alla fotografia l'incarico di registrare continuamente le indicazioni fornite da alcuni strumenti meteorologici, si ha il doppio vantaggio di conoscere quale fu l'andamento di un dato fenomeno, come ad esempio, la pressione atmosferica rivalata dalla variabile altezza della colonna barometrica, nei singoli istanti della giornata, e di eliminare gli errori quasi inevitabili nelle trascrizioni materiali sul registro delle osservazioni meteorologiche.

Ormai parecchi osservatori meteorologici pos-

seggono strumenti nei quali la fotografia dispensa dall'osservazione assidua e non sempre sicura di apposito incaricato. Varie possono essere le disposizioni che permettono di conseguire questo importantissimo scopo, la più usitata è la seguente: L'ago indicatore, applicato allo strumento viene a disegnarsi sulla superficie di un cilindro, che gira con moto uniforme sul proprio asse, compiendo una rivoluzione completa ad ogni 24 ore. La superficie del cilindro, rivestita di carta impressionabile all'azione della luce, conserva in una striscia continua la traccia dell'estremità dell'ago indicatore e presenta quindi una curva nella quale l'ordinata d'ogni singolo punto rivela l'indicazione fornita dallo strumento nell'ora e minuto segnato dalla corrispondente ascissa.

Il primo apparecchio di questo genere fu ideato dall'inglese Brooke, ei lo impiegò per la prima volta nell'osservatorio di Greenwich per ricavarne l'indicazione continua dell'inclinazione e della declinazione dell'ago calamitato. (Vedi vol. I, pag. 124). L'importanza di quest'applicazione della fotografia fu giustamente apprezzata dal Governo inglese, che per essa accordò all'ingegnere inventore la ricompensa di 500 sterlini (circa 12500 franchi). Sull'estremità dell'ago magnetico è fissato uno specchietto piano, questi serve a riflettere la luce che emana da una lampada tenuta costantemente accesa ed immobile. Allorchè l'ago calamitato si muove nel corso della giornata, ora verso destra ora verso sinistra, si muove necessariamente anche lo specchietto e quindi la luce della lampada riflessa dallo specchio descrive, sullo schermo su cui va a cadere, un arco tanto più ampio quanto più lontano è lo schermo. Quest'ultimo,

situato in luogo oscuro, è ricoperto di carta fotografica che perciò riceve e conserva la traccia del movimento angolare compiuto in un determinato periodo di tempo dall'ago calamitato; ad ogni ventiquattr'ore si leva la carta che ha subita l'azione della luce per sottoporla quindi al bagno d'acido gallico ed alle altre operazioni necessarie a fissare le ordinarie immagini fotografiche.

Un apparecchio analogo trovasi all'osservatorio di Greenwich per registrare le indicazioni barometriche.

All'osservatorio di Kew, presso Londra, si è applicato un processo analogo per registrare le variazioni nello stato elettrico dell'atmosfera. Il relativo strumento, detto *foto-elettrografo*, è particolarmente indicato dalle figure 31 e 32. Un elettroscopio a foglie d'oro comunica metallicamente col parafulmine che sormonta l'edificio. La maggiore o minore divergenza fra le due foglie d'oro rivela nell'atmosfera una tensione elettrica più o meno grande. Quelle due foglie vengono vivamente illuminate da una lampada e così esse proiettano un'ombra ben distinta sopra un foglio di carta teso dietro ad esse; questa carta, che è fotografica, si muove dall'alto al basso, in modo uniforme e continuo, grazie ad un meccanismo d'orologeria, opportunamente collocato. Si ottengono per tal modo due curve sinuose (fig. 30) che ora si allontanano ora si avvicinano l'una all'altra e che permettono di riconoscere quale sia stata la tensione elettrica dell'atmosfera in un istante qualunque della giornata.

La figura 31 rappresenta la parte principale di questo strumento (1). L'estremità inferiore dell'asta del parafulmine e la verga A, perfettamente isolata, che le fa seguito, comunicano, merco una verga metallica orizzontale B, con le due foglie d'oro dell'elettroscopio C, racchiuse in una gabbia di vetro, invisibile nella nostra figura, destinata a riparo quelle esili foglie dalle azioni prodotta dalla corrente d'aria. In D è collocata una lampada la cui luce, destinata ad illuminare le due foglie, attraversa una fessura, praticata nella parete laterale della cassetta contenente l'apparecchio, per tal modo la luce penetra nella cassetta, rischiara le foglie d'oro dell'elettroscopio e rende quindi possibile la loro riproduzione coi mezzi fotografici.

L'impressione fotografica ha luogo in grazia dell'obiettivo E, che riceve i raggi luminosi emanati dalla lampada D e li dirige sopra un disco opaco F, nel quale è praticata una fessura lungo il suo diametro orizzon-

tales. Questa ha per scopo di lasciar passare soltanto due piccole porzioni dell'immagine delle foglie d'oro dell'elettroscopio. Il rimanente della fessura lascia libero il varco alla luce. Posteriormente al disco F è tesa la carta fotografica, questa annerisce in corrispondenza ai punti della fessura per quali passò la luce, ma rimane bianca in corrispondenza ai due punti della fessura, rimasti celati dall'immagine delle foglie d'oro. Siccome poi quella carta non rimane immobile ma scorre in modo continuo ed uniforme dall'alto al basso, così essa presenta necessariamente (fig. 30) due linee bianche più o meno sinuose che ora si accostano ora si allontanano l'una dall'altra, a norma della varia distanza alla quale trovaronsi successivamente le due foglie d'oro dell'elettroscopio. Gli altri punti di quella carta, anneriscono necessariamente per l'azione della luce.

La figura 32 rappresenta particolarmente il telaio LJ sul quale è tesa la carta fotografica; questo telaio è sostenuto da una funicella che dopo essersi accalcatata sopra una piccola puleggia di rinvio va a congiungersi ad un meccanismo d'orologeria H, messo in movimento dalla durezza di un peso P. Chiudendo la porticina HG (fig. 31) si mantiene la carta fotografica al riparo della luce.

Con lievissime modificazioni si può servirsi di questo stesso strumento per registrare analogamente, in modo continuo, le indicazioni fornite dal barometro e dal termometro.

La *fotometria* — ramo della fisica che tratta della misura e del confronto dell'intensità delle singole sorgenti luminose — trovò nella fotografia un potentissimo ausiliario. In passato si potevano rigorosamente confrontare le diverse intensità di due sorgenti luminose soltanto quando entrambe splendevano contemporaneamente; mancava, ed era vivamente desiderato un mezzo atto a valutare esattamente l'intensità relativa della luce solare, di quella della luna e delle stelle. Grazie alla fotografia questi e similgianti risultati possono essere ottenuti con ogni esattezza; si poterono paragonare i splendidi raggi solari con quelli, trecentomila volte più deboli, che ci vengono riflessi dalla luna.

Fra tutte le scienze d'osservazione l'*astronomia* è senza dubbio quella che ricavò i massimi vantaggi dalla fotografia. Questa permette di registrare con tutta esattezza l'istante in cui succede il passaggio d'un astro al meridiano, fornisce la fedele immagine delle stelle fisse, del sole e dei pianeti e persino (grazie a delicate-



Fig. 30.
RAPPRESENTAZIONE
FOTOGRAFICA DELLA
VARIA TENSIONE
ELETTICA.

(1) Vedi FOUCAULT, *Les Merveilles de la science*, Tom. III, pag. 146 e seguenti.

simi metodi che qui non possiamo esporre) anche quella della luna e delle comete che pel loro rapido moto proprio sembrerebbero ribelli alla fotografia.

Attualmente non vi ha alcuna eclissi solare o lunare, non vi ha occultazioni d'astri che non ecciti numerosi osservatori d'ogni paese a prendere una serie di prove fotografiche durante le varie fasi del fenomeno. Grazie all'impiego di questo metodo si possono studiare con tutto agio, conservare negli archivi e tramandare ai posteri

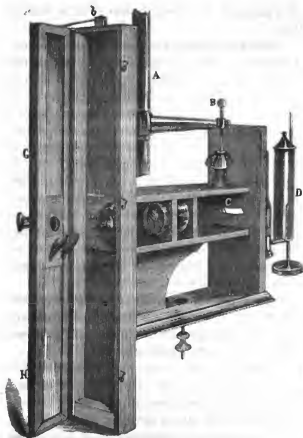


Fig. 31. IL FOTO-ELETTROGRAFO.

tutti i particolari relativi a quei fugaci fenomeni. Per riconoscere tutta l'importanza di quest'applicazione convien riflettere che in generale l'osservatore esamina soltanto quelle particolarità che maggiormente interessano nell'istante dell'osservazione; il resto sfugge quasi sempre all'attenzione non prevenuta. L'osservazione automatica al contrario, registra tutto, non solo ciò che si cerca attualmente, ma ancora ciò che si cercherà più tardi.

Fino dal 1830 esponendo dalla tribuna della

Camera dei Deputati i molti vantaggi dell'invenzione di Daguerre, l'illustre Arago presagiva che « Le immagini eseguite col mezzo della luce, per essere sottoposte, nella loro formazione, alle regole della geometria, permetteranno, mercè un piccolo numero di dati, di risalire alle dimensioni esatte delle parti le più elevate, le più inaccessibili di un edificio. » Nella stessa occasione il fisico Gay-Lussac diceva: « La prospettiva del paesaggio e di ciascun oggetto viene



Fig. 32. MECCANISMO D'OROLOGERIA E TELAIO CONTENENTE LA CARTA FOTOGRAFICA NEL FOTO-ELETTROGRAFO. ...

rilevata con esattezza matematica; alcun accidente, alcun tratto non sfugge all'occhio ed al pennello del nuovo pittore; e siccome tre o quattro minuti bastano alla di lui opera, così un campo di battaglia, colle sue fasi successive, potrà rilevarsi con perfezione inarrivabile da qualsiasi altro mezzo. » Queste previsioni sonosi ormai avverate: nel 1858 il signor Augusto Chevallier ideava un apparecchio per rilevare i terreni, mercè la fotografia; l'anno successivo il chiarissimo prof. Porro, faceva conoscere un istromento

panoramico di sua invenzione, similmente destinato al rilievo dei terreni. Posteriormente il Chevalier perfezionò il suo apparecchio che ricevette il nome di *tavoletta fotografica*. Questa nuova ed utilissima applicazione della fotografia, formerà d'ora innanzi un ramo della celerimensura e potrà, specialmente nell'arte militare, riuscire di grandissimo vantaggio.

Tra i mezzi che più potentemente contribuirono ai recenti progressi delle scienze naturali, non ve ne ha forse alcuno che abbia avuta parte tanto larga ed utile quanto il microscopio; non fu però senza ostacoli che questo strumento finì col prendere, negli studi scientifici, il posto eminente che occupa al giorno d'oggi.

La principale difficoltà che si incontra nello studio della micrografia consiste anzi tutto nel veder bene ed esattamente; la camera chiara, che si applica al microscopio, non può che aiutare nel disegno, essa è però incapace di escludere la parte che spetta sempre alle idee teoriche, e se nelle mani esercitate del dotto, la medesima ha spesso una grande utilità, non fornisce che risultati imperfettissimi quando è maneggiata da un artista senza educazione scientifica. Ora, la fotografia venne ad apportare i mezzi per impedire questa interpretazione individuale dell'artista, riproducendo con assoluta fedeltà i numerosi oggetti che vengono studiati dalla storia naturale. Questa scienza ritrae inoltre larghi frutti dalle fedeli rappresentazioni fotografiche di enti rari, difficili a trasportarsi, dei quali è pur utile la cognizione specialmente nello studio della mineralogia e della geologia; l'anatomia può colla fotografia avere la rappresentazione di parti dell'organismo che difficilmente possono conservarsi e che per la troppa complicazione e minutezza non possono essere esattamente disegnati a mano. Molte volte in questo caso la scienza si appaga

d'un presso a poco, in causa delle modificazioni continue provate dai pezzi anatomici per le variazioni di temperatura, di luce e di stato igrometrico dell'aria, ma la fotografia fissa invece per sempre lo stato reale in cui si trovano i corpi in certe condizioni di calore, di luce e di umidità. Analogo vantaggio può ritrarre la chirurgia. — L'etnografia che studia e confronta i varii tipi della razza umana potrà notevolmente progredire quando i naturalisti avranno raccolte in tutti i punti della Terra, le fedeli immagini fotografiche dei suoi abitatori e di tutte le varietà dell'anatomia del corpo umano sotto le diverse latitudini.

Prima di terminare questa lunga rassegna delle applicazioni della fotografia diremo ancora che l'archeologia può ritrarre grandissimo profitto da quest'arte colla riproduzione di chirografi rari ed importanti nonché delle statue, delle medaglie e di tutti quei monumenti che possono spargere grandissima luce sulla storia. L'architettura e le belle arti ritrarranno utili grandissimi colla riproduzione dei capi d'opera; la prima a mezzo degli ingrandimenti potrà con tutto agio esaminare i più minuti particolari d'una fabbrica; nel campo delle belle arti la fotografia potrà giovare sia colla riproduzione di lavori già eseguiti sia con fedeli riproduzioni del più bei tipi forniti dalla natura vivente.

Qual avvenire, conclude il valente prof. Borlinetto, non è riservato alla fotografia quando sarà passata definitivamente nel campo della incisione eliografica e della fotolitografia?

« Verrà un tempo, disse un giorno il compianto prof. Trettenoro, in cui la fotografia sarà insegnata nelle scuole come al presente si insegna il disegno. » Gli attuali progressi della fotografia rendono ognor più probabile il pronostico di quel celebre astronomo.

LO STEREOSCOPIO.

I.

Perché due figure si confondono in una sola? — Perché non vediamo doppi gli oggetti? — Perché non udiamo doppi i suoni? — Immagini diverse vedute separatamente dai due occhi. — La sovrapposizione delle due immagini produce in noi la sensazione del rilievo. — Come guardano i monoceli. — Congetture di Euclide e di Galieno intorno alla visione binoculare. — Disegni stereoscopici di G. B. Porta e di Jacopo Chimenti. — Lo stereoscopia a riflessione di Wheatstone; suoi inconvenienti. — Lo stereoscopia a rifrazione di Brewster; freddezza degli inglesi, entusiasmo dei francesi; diffusione dello stereoscopia. — Teoria dello stereoscopia e rifrazione. — Come si ottengono le immagini stereoscopiche.

La massima parte dei nostri lettori conosce certamente quel grazioso e semplice strumento, detto *stereoscopia* (dal greco *stereos* solido, *scopia* vedo) mercé il quale due figure piane, ben poco diverse l'una dall'altra, si sovrappongono in modo da formarne una sola dotata del più perfetto rilievo: la pittura si trasforma in scultura; — dopo d'aver esaminate con questo strumento le più singolari opere della natura e dell'arte, mirabilmente riprodotte dalla fotografia, nasce generalmente il desiderio di rendersi conto della strana trasformazione prodotta dallo stereoscopia, come mai quelle due figure non ne formano che una sola?

La sorpresa crescerà ancora quando andrete che quello stesso fenomeno di due vedute che ne divengono una sola dinanzi ai vostri occhi vi succede tutti i giorni, ad ogni istante, ogni qualvolta guardate un oggetto qualsiasi. Vi sembra strano, eh? non ve ne siete mai accorti? — Lo credo anch'io. Ben pochi pensano alle cose comuni né credono necessario rendersene conto. Quanti e quanti non si troverebbero imbarazzati nel rispondere a domande semplicissime: come avendo due occhi non vediamo doppi tutti gli oggetti? « perché (1) non udiamo doppi i suoni sebbene abbiamo due orecchie e come mai toccando una palla con le cinque dita non sentiamo cinque palle? Senza internarci in argomenti sì delicati che qui sarebbero fuori di posto, diremo soltanto che quantunque usando gli occhi nel modo ordinario, gli oggetti appaiono semplici, non è per altro impossibile che ci appaiano doppi. Se per esempio mentre guardate un oggetto, mettete un dito sulla palpebra superiore di un occhio

e premete il bulbo leggermente verso il basso, quell'oggetto comparirà doppio, il veder semplice dipende adunque anche dal modo con cui guardiamo solitamente gli oggetti: e ne è una riprova il fatto che quando uno, o per certe infermità, o per ubbriacchezza, o per estrema agitazione dell'animo, ha gli occhi stravolti, egli vede doppio. In pari modo, sebbene toccando con due dita una pallina nel modo solito, ne sentiamo una sola, pure se accavalliamo il dito medio all'indice, e poi tocchiamo, proviamo con meraviglia la sensazione di due palline.

« Quantunque i due occhi ci diano una sensazione semplice, non bisogna credere che un occhio solo ci renderebbe gli stessi servigi. Innanzi tutto è pienamente accertato che con due occhi si vede *più chiaro* che con uno solo. Inoltre ognuno sa che di un medesimo oggetto si veggono certe parti o certe altre, secondo il posto dal quale stiamo a riguardarlo; cosicchè se per esempio, due persone stanno davanti ad un albero, ma l'una a dritta e l'altra a sinistra, quegli che è a dritta vedrà certe parti del lato dritto dell'albero le quali non son vedute dall'altro, e viceversa quest'altro vedrà certe parti del lato sinistro che sono invisibili al suo compagno. Ora, questa differenza degli aspetti che un medesimo corpo presenta a due riguardanti, deve necessariamente riscontrarsi anche per rispetto ai due occhi, sebbene in grado minore; perocchè anche i due occhi veggono un oggetto da due posti diversi. Ciascuno dei due vedrà certe parti dell'oggetto che sfuggirebbero all'altro. » — Una facile esperienza che può essere eseguita da tutti ve ne renderà pienamente convinti. Tenete la mano sinistra ritta in piedi, a breve distanza dagli occhi, disponendola in guisa che il pollice

(1) Vedi ANDRONOTTI, *Fisica*, pag. 565 e seguenti.

e l'indice necondono tutte le altre dita. Chiudete allora l'occhio sinistro e vedrete (fig. 33) il dorso delle mano (B); riaprendo quest'occhio e chiudendo l'altro vedrete invece il palmo della mano (C); tenendoli aperti tutti e due vedrete di bel nuovo il pollice e l'indice (A) o null'altro. — Ricevendo contemporaneamente l'impressione che l'oggetto fa separatamente sui due occhi, abbiamo il vantaggio di vedere gli oggetti da due punti di vista ed un tratto; è, ad un dipresso, come se potessimo provare in un sol tempo le sensazioni che provano separatamente i due riguardanti dianzi immaginati.

« Nonostante il fin qui detto è incontestabile che l'occhio, meraviglioso strumento, com'è pure da solo ci darebbe notizie molto imperfette delle



Fig. 33. LE TRE APPARENZE DELLA MANO.

cose che ne circondano. Ma fin dalla prima infanzia noi impariamo senza avvedercene e verificare per mezzo degli altri sensi ciò che gli occhi ci mostrano. Il fanciullo si appressa a tutto, tocca tutto; e così a poco a poco si fa una raccolta di regole per giudicare — da ciò che pare alle vista — ciò che è nel fatto, come le distanze, le grandezze, le forme degli oggetti. E queste regole ci si rendono, per la continua pratica, talmente famigliari, che vedere e giudicare diventano una medesima cosa; sicché ella fa credere di veder gli oggetti come li giudichiamo, sebbene in realtà li vediamo quasi sempre diversi. Così, per esempio, crediamo di vedere che un uomo lontano è della grandezza naturale, crediamo di vedere che un campanile lontano è più alto di un uomo, ma il vero è che li vediamo stranamente minori del vero, e che nondimeno li giudichiamo rettamente, perché sappiamo che quell'apparente piccolezza è un effetto della grande

distanza. — Sembrerà a taluno incredibile che la mente possa pigliare una tante prontezza a desumere dalle impressioni del senso un giudizio che molte volte è contrario alle impressioni medesime. Ma non abbiamo noi forse altri esempi di questa inconcepibile rapidità della mente? Imparare una lingua straniera non è forse imparare a congiungere certi concetti con certi suoni ai quali nella nostra lingua non si attacca verun concetto, o talvolta anzi si attaccano concetti molto diversi? Chi impara che in francese *rhume* vuol dire *raffreddore*, impara una correzione che egli dovrà fare all'impressione dei propri sensi ogni qualvolta udrà quella parola pronunciata da un francese: e per qualche tempo el si accorge di farla, questa correzione. Ma alla fine la cose e la parola gli si congiungono siffattamente nella memoria, che l'una richiama subito l'altra, senza che si frapponga, o per lo meno senza che paia fraporsi, alcuna operazione mentale. E così, nel caso nostro, è certissimo che dapprincipio, per non creder piccini gli oggetti lontani, bisognerà che la mente nostra faccia una correzione a ciò che le indica il senso: ma alla fine l'abitudine arriva a segno che la correzione o non è più necessaria, o noi, per lo meno non ci avvediamo di farla.

« Ciò che si è detto della grandezza apparente degli oggetti potrebbe manifestamente ripetersi rispetto alla vivezza del lume, alla nettezza dei contorni, ai movimenti e infine a tutto ciò che l'occhio può scorgere negli oggetti. In tutte queste cose è certissimo che noi giudichiamo quasi sempre diversamente da quel che l'occhio ci suggerisce; ma l'abitudine è tale che crediamo di giudicare come esso ci suggerisce. »

È dunque per effetto d'abitudine che le immagini, alquanto diverse l'una dall'altra, che si formano in ciascuno dei nostri occhi, producono in noi un'immagine sola dotata del rilievo proprio dei corpi che si hanno sott'occhio. — A persuaderci vie maggiormente che la sensazione del rilievo è un effetto della contemporanea visione coi due occhi, vi faremo presente che tale sensazione riesce tanto più incerta quanto più lontani sono gli oggetti osservati: e così dev'essere, poichè quanto più è distante l'oggetto che si osserva, tanto meno sensibile è la differenza fra l'immagine che si forma nell'occhio destro e l'immagine che si forma nell'occhio sinistro; quando l'oggetto è lontanissimo, come ad esempio è la luna,

non c'è differenza alcuna fra le immagini che si formano nei due occhi, manca quindi l'elemento che ci procura la sensazione del rilievo, ed infatti la luna ci sembra un disco piano sebbene effettivamente essa sia un globo irto di scoscese montagne.

Voi mi farete adesso un'obbiezione, ch'è venuta in mente già a molti altri. Se ci vogliono queste due operazioni dei due occhi per vedere, com'è che i monocoli, che i guerri percepiscono i rilievi, apprezzano le distanze e gli effetti di prospettiva a un bel circa come quelli che godono di tutti due gli occhi? In questo caso, bisogna tener conto prima di tutto dell'esercizio degli altri sensi e di una lunga abitudine. E poi, badate bene che quando un individuo privato di un occhio, guarda un oggetto lontano, la direzione del suo sguardo, la posizione della sua testa, variano continuamente senza ch'è se n'accorga; il suo sforzo è doppio del nostro; egli cerca istintivamente di ottenere sulla sua unica retina, diverse immagini destinate a supplire alle due immagini naturali delle due retine. Questo movimento è per altro tanto rapido che la seconda immagine si forma innanzi della scomparsa della prima, e dalla loro esistenza simultanea risulta la estimazione della distanza con la percezione del rilievo.

La invenzione moderna dello stereoscopio non è che una applicazione di questa teoria delle due immagini necessarie a formare il rilievo; e inversamente lo stereoscopio è una nuova riprova delle verità di questa teoria.

Già il celebre geometra greco Euclide (che professava le matematiche nella scuola d'Alessandria d'Egitto, circa 280 anni prima dell'era volgare) ed il dotto medico greco Galieno (che viveva a Roma intorno all'anno 170 dopo l'era volgare) avevano congetturato che l'accoppiamento delle due immagini dissimili ricevute nei due occhi, dà la sensazione del rilievo.

Giambattista Porta, quel nostro fisico di cui ci occorre incontrare il nome fra i precursori di ogni grande scoperta, ebbe idee abbastanza precise sul soggetto che ci occupa. Porta lasciò un disegno talmente completo e talmente esatto, delle due diverse immagini, quali son vedute separatamente da ciascun occhio, e dell'immagine combinata che viene a formarsi per la sovrapposizione di quelle immagini separate, che si può ben dirlo un vero disegno stereoscopico e ben a ragione

si può attribuire a Porta il merito di quest'ingegnosa invenzione. — In un *trattato d'ottica* pubblicato ad Anversa nel 1613, Francesco Aguilillon rammenta che G. B. Porta conobbe la visione binoculare di immagini distinte.

In questi ultimi anni si rinvennero nel museo Wicar, di Lilla, due disegni eseguiti da Jacopo Chimenti da Empoli, pittore della scuola fiorentina (nato nel 1551, morto nel 1640), nei quali uno stesso oggetto è rappresentato da due punti di vista un po' diversi l'uno dall'altro, precisamente come nei moderni disegni stereoscopici, allo scopo di produrne un'immagine in rilievo; però non è accertato che il Porta ed il Chimenti abbiano effettivamente costrutto uno stereoscopio.

Il primo concetto realmente formulato in questo argomento è dovuto ad un fisico scozzese, Elliot, il quale fin dal 1834 si propose di costruire uno strumento destinato a far vedere simultaneamente due immagini diverse, atte a produrre la sensazione del rilievo; però egli mandò ad effetto il suo proponimento solo nel 1839, quando cioè l'illustre fisico inglese Wheatstone aveva già fatto conoscere lo stereoscopio a specchi.

Il 25 giugno 1838 lo *stereoscopio a specchi* di Wheatstone faceva la sua prima comparsa dinanzi alla Società reale di scienze a Londra. In questo strumento si produce l'effetto del rilievo facendo coincidere due immagini quasi simili, con la loro mutua riflessione sopra specchi piani convenientemente disposti.

Questo strumento, rappresentato dalla fig. 34 si compone d'una cassetta (per maggior chiarezza si suppongono levate le pareti) sui fianchi D e C della quale sono collocati due disegni d'uno stesso oggetto preparati in conformità ai principii della visione stereoscopica, vale a dire, presi da due punti di vista alcun poco distanti l'uno dall'altro. Nel mezzo della cassetta sonvi due specchi piani A e B disposti simmetricamente ed inclinati fra loro ad angolo retto, il disegno D si riflette sullo specchio A, il disegno C sullo specchio B, e le due immagini giungendo contemporaneamente agli occhi dell'osservatore, vi producono la sensazione del rilievo.

Lo stereoscopio di Wheatstone era voluminoso ed incomodo a maneggiarsi, perciò era ben lontano dal riunire tutte le condizioni di semplicità che dovevano farne uno strumento dilettevole accessibile anche alle più modeste fortune, perciò lo stereoscopio a specchi era quasi dimenticato

quando il fisico scozzese *David Brewster* costruì, nel 1844, un nuovo stereoscopio nel quale la riunione delle due immagini, è invece ottenuta mercè la *rifrazione*, come diremo fra breve. Anche questo nuovo stereoscopio, sebbene semplicissimo e mirabile negli effetti d'ottica che fornisce, avrebbe subita la medesima sorte del primo, se l'inventore non avesse messa in opera tutta la sua perseveranza per divulgarlo. Pel

corso di sei anni, fu inutile ogni suo tentativo inteso a trionfare dell'ignoranza e dei malvolere degli ottici e dei fotografi inglesi, che rifiutavansi di fabbricare lo strumento e le vedute stereoscopiche; disperando di raggiungere l'intento in Inghilterra, ei si recò a Parigi nel 1850. Questa città che, incontestabilmente, è la distributrice della gloria e della fortuna, divenne entusiasta dell'invenzione di Brewster. Lo stereoscopio fu



Fig. 34. STEREOSCOPIO A RIFLESSIONE DI BREWSTER.

popolare in Francia un anno prima che attirasse l'attenzione dell'Inghilterra, più intesa alle invenzioni utili che alle piacevoli. L'esposizione universale tenuta a Londra nel 1851, consacrò il successo e da allora la fabbricazione degli stereoscopi e delle vedute stereoscopiche, prese uno

slancio straordinario; lo stereoscopio è divenuto una suppellettile quasi indispensabile in ogni casa, esso fornisce uno dei più piacevoli divertimenti e può essere in pari tempo impiegato come facile mezzo di istruzione.

Ed ora passiamo finalmente ad esporre la teoria



Fig. 35. ANDAMENTO DEI RAGGI LUMINOSI NELLO STEREOSCOPIO A RIFRAZIONE.



Fig. 36. LENTI PER LO STEREOSCOPIO A RIFRAZIONE.



Fig. 37. STEREOSCOPIO DI BREWSTER.

che serve di base allo *stereoscopio a rifrazione*. Sieno G e D (fig. 35) due immagini d'un stesso oggetto, quali si vedrebbero osservandolo separatamente con un occhio solo, l'una è quindi l'immagine che si forma nell'occhio destro, l'altra è l'immagine che si forma nell'occhio sinistro. Consideriamo due punti G e D di queste due immagini e poniamo due prismi di cristallo P'P sul tragitto dei raggi luminosi che partono da

quei due punti. I raggi luminosi attraversando quei due prismi, si rifrangono e proseguono l'uno nella direzione K' O' l'altro nella direzione K O; perciò, un osservatore tenendo lo strumento a poca distanza dagli occhi, vede le immagini (1) di G e di D nella direzione di O' K' ed O K; per tal modo, se l'angolo dei due prismi e la loro

(1) Vedi in proposito quanto si è detto nel vol. I, pag. 209 (fig. 106).

distanze dalle immagini G e D sono convenientemente calcolate, quelle due immagini si sovrappongono in E e ci danno la sensazione del rilievo.

Per rispondere a questa condizione, i due prismi devono essere rigorosamente eguali e devono deviare i raggi luminosi, sotto l'identico angolo. Brewster risolvette felicemente questa difficoltà, sostituendo ai due prismi le due metà M M (fig. 36) di una stessa lente biconvessa nella quale si tagliano due nuove lenti simetriche L'L che si pongono alle estremità di due tubi.

Resta ora a descriverci la struttura dello stereoscopio. Come vedete nella fig. 37, esso è una

semplice scatola: in una delle sue pareti fu praticata un'apertura che si chiude dalla finestra mobile F. L'interno di questa finestra è coperto di stagno ben levigato e forma una specie di riflettore. Si introducono i disegni nella fessura AB. I due fori LL racchiudono le lenti prismatiche; nei stereoscopi perfezionati le lenti LL sono applicate entro a tubi, analogamente alle lenti oculari dei cannocchiali da teatro, e così l'osservatore può spingerle innanzi o indietro per adattarle alla chiara visione come appunto si fa colle lenti del cannocchiale. Le lenti ideate da Brewster, oltre ad deviare e sovrapporre le immagini, servono



Fig. 38. IMMAGINI STEREOSCOPICHE.

pure ad amplificarle: altro vantaggio che lo stereoscopio di Brewster ha sopra quello di Wheatstone.

Finalmente la fig. 38 può darvi un'idea delle *immagini stereoscopiche*. Son due vedute del medesimo paesaggio, che differiscono pochissimo l'una dall'altra. Esse rappresentano quel paesaggio, come l'osservatore lo vedrebbe guardandolo rispettivamente col solo occhio destro o col solo occhio sinistro. Poste nello stereoscopio, si riuniscono sulla retina in una immagine unica, grazie alle due lenti, e ci danno così l'effetto del rilievo.

E come si ottengono queste doppie immagini? Con la fotografia. Si prendono successivamente alla stessa distanza e sotto angoli eguali di alcuni gradi a destra e di alcuni gradi a sinistra, con una stessa camera oscura, due immagini del paesaggio, monumento, bassorilievo, statua od altro che si vuol ritrarre. Le immagini fotografiche, ottenute con la massima facilità sul metallo, sul vetro o sulla carta, producono nello stereoscopio magici effetti che hanno aperte una nuova era alle applicazioni della fotografia.

LE MACCHINE ELETTRICHE (1)

I.

Le dame greche e l'ambra gialla. — Falso indirizzo delle scienze nell'antichità e nel Medio Evo. — Esperienze del dottore Gilbert. — Ottone di Guericke inventa la prima macchina elettrica. — Il pendolino elettrico. — Eletticità vitrea o positiva, resinosa o negativa. — Attrazioni e repulsioni; l'elettroscopio. — Corpi elettro-conduttori o deferenti; isolanti o coibenti. — Rapida trasmissione dell'elettricità nei metalli. — Apparente anomalia. — Perché gli elettro-conduttori perdono l'elettricità quando comunicano con la Terra.

Dicesi che le dame greche, circa venticinque secoli or sono, tenessero in gran pregio una specie di fuso ornato d'ambra gialla che procurava ad esse un curioso passatempo: la lieve frizione che si produce avvolgendo la lana sul fuso fa acquistare a quest'ultimo una singolare proprietà; i leggeri fiocchi staccati dalla lana vengono ora attratti, ora respinti dall'ambra. Per questa singolare proprietà dell'ambra gialla i greci diedero a questa sostanza il nome di *electron* che nel loro linguaggio significa, *attrarre a sé*; per la stessa ragione i latini la dissero *harpax* (*rapitrice*). — I scienziati che in epoche a noi prossime studiarono i fenomeni presentati dall'ambra gialla predilessero la voce greca e diedero il nome di *elettricità* al ramo delle scienze fisiche che prende in esame quei fenomeni ed altri ad essi congeneri.

Il falso indirizzo che per lungo corso di secoli ebbe lo studio delle scienze fisiche non invogliava i pochi cultori delle stesse a rintracciare sperimentalmente le varie proprietà dei corpi; i fisici dell'antichità e del Medio Evo, come ebbero già occasione di accennare altrove (2), fondavano il loro assurdo edificio scientifico sopra ipotesi puramente gratuite, sdegnavano le testimonianze dei sensi. Essi non immaginavano al certo che la meschina esperienza eseguita coll'ambra gialla era il primo anello d'una lunga catena di scoperte; non conobbero l'importanza di quell'osservazione che doveva più tardi fornirci un mezzo sicuro per disarmare le nubi temporalesche, condurre silenziosamente la folgore nelle viscere della Terra, farla servire in mille modi a vantaggio del genere umano.

L'importanza dei metodi sperimentali, tanto fecondi pel progresso scientifico, incominciò ad essere apprezzata solamente al cadere del sedicesimo secolo, e fu appunto intorno a quest'epoca (1599) che un distinto scienziato inglese Gilbert di Colchester, medico della regina Elisabetta, rese pubbliche, nella classica opera *De magnet*, alcune interessanti esperienze da lui eseguite; ei riconobbe anche in altri corpi la singolare proprietà già anticamente riscontrata nell'ambra gialla, ei si avvide che il vetro, lo zolfo, la gomma lacca, le resine solide, il diamante e molte pietre dure e preziose acquistano, quando sono strofinate, la proprietà di attrarre piccole pagliuzze, minuzzoli di carta ed altri corpicciuoli, e notò pure che il fenomeno riesce tanto meglio quanto più secca è l'aria.

Nel 1607 i fiorentini accademici del Cimento estesero il catalogo dei corpi elettrizzabili; tre anni dopo il fisico inglese Roberto Boyle riconobbe che l'attrazione elettrica si verifica anche nell'aria diradata sotto alla campana pneumatica. — Lo studio dei fenomeni elettrici incominciava ad interessare vivamente i cultori della fisica ed era sentito generalmente il desiderio di possedere un mezzo atto a produrre gli stessi fenomeni su scala più ampia; a questo provvide il fisico tedesco Ottone di Guericke, borgomastro di Magdeburgo, da noi già menzionato quale inventore della macchina pneumatica (1); egli costruì la prima *macchina elettrica* e con questa istituì una serie di importanti esperienze. Il fisico tedesco prese un recipiente sferico di vetro e lo riempì di zolfo liquido; solidificatosi lo zolfo, Ottone infranse il recipiente di vetro ed ebbe così una sfera di zolfo, la perforò da parte a parte con un perno di ferro munito d'un'impu-

(1) Nella compilazione di questo scritto abbiamo largamente attinto dalla *Fisica dell'AMBROSIOLI*, dall'*Elettrologia* del prof. GIOVANNI CANTONI e dal *Trattato di fisica* del DAGUIN.

(2) Vol. II, pag. 37.

(1) Vol. I, pag. 103.

gnatura, e così facendo ruotare quest'ultima girava pure la sfera di zolfo. Lo sperimentatore imprimeva questo movimento con la destra mentre nella sinistra teneva una stoffa di lana e la premeva sulla superficie della sfera di zolfo, che, grazie a questo strofinio, riscuoteva in breve elettrizzata. Ottone di Guericke, giovandosi di questa macchina, riconobbe che quando la sfera era elettrizzata ne scoccavano scintille non appena avvicinava ad essa la mano, osservò che i corpi leggeri attratti dalla sfera di zolfo rimanevano ad essa aderenti un solo istante, poichè non appena giungevano a toccarne la superficie venivano tosto respinti, l'attrazione trasformavasi in ripulsione; ei riconobbe pure che nessuno di quei corpicciuoli, dopo d'essere stato respinto dalla sfera non veniva nuovamente attratto se non dopo d'essersi casualmente posato su qualche corpo non elettrizzato.

Queste esperienze possono essere facilmente



Fig. 39. ATTRAZIONE ELETTRICA.

ripetute: Prendete un bastone di ceralacca e soffregatelo con un panno-lano, avvicinando allora il bastone (fig. 39) a minuzzoli di carta, paglia, sughero o d'altri corpicciuoli leggeri, questi verranno dapprima attratti e poscia respinti dalla ceralacca. Eseguendo l'esperienza all'oscuro potrete, avvicinando un dito all'estremità di quel bastone, farne scoccare una vivace scintilla.

Prendiamo un corpicciuolo leggero e facilmente elettrizzabile, come sarebbe ad esempio una pallina di midollo di sambuco e sospendiamola ad un filo di seta; otteniamo così quel semplice ma importante apparecchio (fig. 40), che è conosciuto col nome di *pendolino elettrico*. Preso poi un bastone di ceralacca e strofinatolo con un panno-lano avviciniamo l'estremità del bastone al pendolino, questi verrà attratto dalla ceralacca, la toccherà anche, ma subito dopo se ne scosterà bruscamente passando così dalla posizione *a* alla posizione *r*; riaccostando la ceralacca al pendolino questi fuggerà sempre, per quanto lo per-

mette la brevità del filo di seta. Avvicinando al pendolino dei minuzzoli di carta, questi vengono attratti dalla pallina di sambuco come, prima venivano attratti dalla ceralacca; questa forza di attrazione che ora si riscontra nella pallina di sambuco non esisteva quando la pallina non aveva ancora avuto alcun contatto con la ceralacca strofinata; dunque se dopo questo contatto la pallina ha acquistata la virtù attrattiva che avevamo già osservata nella ceralacca strofinata conviene dire che questa virtù attrattiva, ossia l'elettricità, si è propagata nella pallina. Si può quindi concludere che quando abbiamo elettrizzato un corpo strofinandolo, si può elettrizzarne un altro semplicemente toccandolo con quello. Quando un corpo dà segni di forza elettrica, come è qui il caso della pallina, si dice che esso è *elettrizzato*. — I fisici, usando in tal caso un



Fig. 40. PENDOLINO ELETTRICO.

linguaggio figurato, dicono che un corpo elettrizzato collo strofinamento può *comunicare l'elettricità* ad un altro corpo col solo toccarlo.

Un corpo assai fortemente elettrizzato può comunicare l'elettricità ad un altro corpo anche senza toccarlo e solamente collo stargli vicino. Se per esempio la ceralacca dianzi adoperata sarà elettrizzata assai fortemente, basterà avvicinarla ad un corpo, ch'è giunta in sua vicinanza apparirà nell'intervallo una scintilla. Se il corpo è appoggiato sopra sostegni di vetro o sospeso mercè cordoni di seta, ei conserverà l'elettricità comunicatagli dalla scintilla e sarà facile convincersi ch'ei rimase effettivamente elettrizzato.

Ritorniamo al pendolino: la pallina dopo d'essere stata per un solo istante a contatto con la ceralacca elettrizzata si è elettrizzata anch'essa, e fugge ogni qualvolta le accostiamo la ceralacca. Se in tale stato di cose prendiamo un bastone di

vetro, e strofinatolo con una stoffa di seta lo avviciniamo alla pallina di sambuco, questa non solo non fuggerà, ma verrà anzi attratta dal vetro e rimarrà ad esso aderente, si manterrà, cioè, immobile nella posizione *a* (fig. 40). Per completare l'esperienza prendiamo un altro pendolino simile al precedente; tocchiamolo prima col bastone di vetro (strofinato con seta), poscia con quello di ceralacca (strofinato con lana); la pallina verrà attratta dal vetro solo per un istante e poscia se ne scosterà bruscamente comportandosi precisamente come il primo pendolino si era comportato in presenza della ceralacca; ma avvicinando poscia la ceralacca al secondo pendolino la stessa pallina che poc'anzi fuggiva il vetro, viene attratta dalla ceralacca e vi rimane aderente.

Quest'interessante esperienza fu eseguita per la prima volta nel 1733 dal fisico francese Du Fay. — Poiché la pallina respinta dal vetro è invece attratta dalla ceralacca, e viceversa, convenne concludere che l'elettricità posseduta dal vetro è diversa da quella posseduta dalla ceralacca; per distinguere l'una dall'altra i fisici convennero di dare alla prima il nome di *elettricità vitrea*, alla seconda il nome di *elettricità resinosa*; dissero *positiva* la prima e la indicarono colla scrittura + E, che si pronuncia più E, dissero *negativa* la seconda e la indicarono con la scrittura — E, che si pronuncia meno E.

Sperimentando molti altri corpi i fisici riconobbero che lo strofinio eccita in tutti lo stato elettrico, però non tutti i corpi si elettrizzano alla stessa guisa; alcuni quando sono elettrizzati attraggono sempre il pendolino respinto dalla ceralacca e respingono quello attratto dal vetro; altri invece si comportano in modo opposto; i primi furono detti corpi *elettropositivi*, i secondi furono distinti col nome di corpi *elettronegativi*.

Accostando l'un l'altro due eguali pendolini elettrici, l'uno dei quali sia stato elettrizzato dal vetro (*elettricità positiva*), l'altro dalla ceralacca (*elettricità negativa*), essi si attraggono reciprocamente e, se la brevità del filo lo consente, giungono a contatto l'uno dell'altro; ma subito dopo cessa in entrambi ogni indizio di elettricità, perdono interamente lo stato elettrico e ritornano nello stato normale. Se all'incontro i due pendolini furono entrambi elettrizzati alla stessa guisa sia col vetro sia colla ceralacca (prevalentemente strofinati, questa con lana, quello con seta)

si verificherà l'opposto fenomeno, i due pendolini si respingeranno reciprocamente e le loro reciproche distanze aumenteranno. Questo duplice fenomeno si esprime dicendo: *le elettricità d'egual nome si attraggono, quelle di nome contrario si respingono*.

La reciproca ripulsione che si manifesta non appena due corpi leggeri ed egualmente elettrizzati sono posti in faccia l'uno all'altro, giova a riconoscere nei vari corpi la presenza o l'assenza dell'elettricità, ed è la base su cui si fondano gli apparecchi detti *elettroscopi* come a dire osservatori dell'elettricità. Uno dei più semplici è quello a *foglie d'oro* rappresentato dalla figura 41. Una campana di vetro M N, collocata sopra un piatto metallico, è forata superiormente; questo foro rimane chiuso da un turacciolo attraversato da una vergchetta d'ottone, la cui

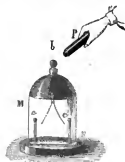


Fig. 41. ELETTROSCOPIO A FOGLIE D'ORO.

sommità *b* è conformata a sfera; la parte inferiore della vergchetta penetra nella campana e porta alla sua estremità due piccole strisce di sottile foglia d'oro. In luogo di foglie d'oro si possono analogamente adoperare due pagliuzze, due palline di sambuco sospese a fili di lino; si preferiscono le foglie d'oro poiché queste riescono sensibilissime e rivelano anche le più leggere cariche elettriche nei corpi sottoposti all'esperienza; avvertiamo infine che il turacciolo e la superficie superiore della campana sono ricoperte d'uno strato di vernice isolante di gomma-lacca. Quando l'apparecchio è allo stato naturale le due foglie d'oro rimangono verticali e fra loro vicinissime, ma non appena avvicinate un corpo elettrizzato P alla pallina *b* l'elettricità si trasmette alla verga ed alle due foglie d'oro, entrambe si elettrizzano alla stessa guisa del corpo

e quindi si respingono mutuamente e divergono tanto maggiormente quanto più grande è la dose di elettricità di cui è carico il corpo P. Per riconoscere se quest'elettricità è positiva o negativa si piglia un bastone di vetro e fregatolo con lana lo si avvicina alla pallina b; se le foglie d'oro, che frattanto saranno rimaste divergenti, si discostano ancor più l'una dall'altra, si può concludere che tanto l'elettroscopio quanto il corpo P sono elettrizzati positivamente; se all'incontro la divergenza delle foglie d'oro diminuisce non appena la pallina b è toccata dal bastone di

vetro elettrizzato, si concluderà che il corpo P è elettrizzato negativamente.

Ed ora nasce spontanea la domanda: quali corpi si elettrizzano di elettricità positiva e quali di elettricità negativa? Non vi è regola certa: un medesimo corpo può ora elettrizzarsi in una guisa ora nell'altra, secondo la sua temperatura, secondochè la sua superficie è liscia o scabra, secondochè è strofinato con una od nell'altra sostanza in un modo o in un altro: persino il colore può recar differenza. Il vetro comune strofinato con seta si elettrizza, come abbiain detto,

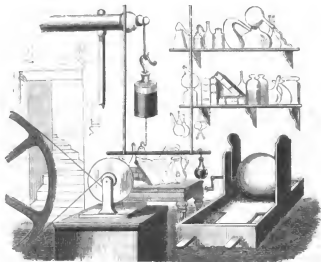


Fig. 42. MACCHINE ELETTRICHE.

positivamente; ma il vetro smerigliato anche strofinato con seta si elettrizza negativamente. Lo stesso vetro liscio, strofinato con una pelle di gatto, può presentarci i due opposti stati elettrici, secondo che lo sfregamento proceda a seconda del pelo, oppure a contrapelo. Ciò che può dirsi di alquanto generale è che certe sostanze mostrano una particolare tendenza ad elettrizzarsi positivamente e cert'altre negativamente, poichè facendo l'esperienza in vari modi si trova che nella maggior parte dei casi le prime si elettrizzano in più e le seconde in meno. Così, per esempio, il vetro suole elettrizzarsi in più e la cera-

lacca, le gomme, le resine, in meno; e da qui è venuta la denominazione superiormente accennata di elettricità vitrea alla prima e di elettricità resinosa alla seconda; non convien però ritenere che questa sia particolare alle resine, quella al vetro; ma solamente che l'una si riscontra più frequentemente nel vetro, l'altra nelle resine.

Avvertiamo ancora che ogni qualvolta strofiniamo un corpo, non solo si elettrizza questo ma anche il corpo strofinante, essi si elettrizzano sempre *contrariamente*. Così avvicinando all'elettroscopio un vetro liscio, strofinato con seta,

riconosceremo che il vetro è elettrizzato positivamente; sperimentando poscia la seta impiegata a strofinare il vetro ci persuaderemo ch'essa si è pure elettrizzata, ma negativamente.

L'elettricità non si comporta ugualmente in tutti i corpi; in alcuni essa si propaga rapidissimamente da un capo all'altro, in altri essa procede molto più lenta. I primi diconsi *elettro-conduttori* o *deferenti*, i secondi son detti *elettro-coibenti* od *isolanti*.

I migliori corpi elettro-conduttori sono i metalli; però l'argento, il rame, l'oro si prestano meglio del ferro, del piombo e del platino alla rapida trasmissione dell'elettricità; il carbone, specialmente se è denso ed ottenuto ad alta temperatura, ha conduttività di poco inferiore a quella del ferro. La conduttività dei liquidi va gradatamente decrescendo nella seguente serie: mercurio, acidi concentrati, acidi diluiti, soluzioni saline, acqua di mare, acqua pura, alcoole, etere, olii grassi, olii essenziali; questi ultimi hanno debolissima attitudine a condurre l'elettricità, altrettanto dicasi delle pietre, dei mattoni, del legno molto secco, del midollo di sambuco; però le terre umide, i legni umidi ed in generale tutti i corpi inzuppati d'acqua, il corpo umano e le piante da fresco recise son buoni conduttori dell'elettricità. I vapori, specialmente il vapore acqueo, sono ottimi conduttori, perciò appunto l'aria, che quando è secca è un pessimo conduttore dell'elettricità, riesce invece dei migliori quando è umida, e perciò appunto le esperienze elettriche riescono tanto più facilmente quanto più l'aria è secca. Fra i solidi i migliori elettro-coibenti od isolanti sono la gutta-perca, la gomma lacca, l'ambra, le resine, lo zolfo, il vetro verde (privo di ossido di piombo), la seta, la lana, i peli animali.

La velocità con cui l'elettricità si propaga da un capo all'altro d'un buon conduttore è quasi istantanea, essa impiega un solo minuto secondo a percorrere un filo di rame della lunghezza di 180,000 chilometri, e siccome il medio meridiano terrestre misura 40,000 chilometri, così un filo di rame lungo 180,000 chilometri servirebbe a circondare la Terra, seguendo il meridiano, per ben quattro volte, perciò si può ben dire che l'elettricità compirebbe tutto il giro della Terra in meno di un quarto di secondo.

Il ferro è meno atto del rame alla rapida trasmissione dell'elettricità, tuttavia quest'ultima im-

piegherebbe un secondo soltanto nel percorrere, da un capo all'altro, un filo di ferro della lunghezza di 100,000 chilometri (due volte e mezza il giro della Terra).

I fisici che per primi studiarono i fenomeni elettrici, non potendo rendersi conto della somma attitudine che hanno i metalli, ed in genere tutti quei corpi che poscia furon detti buoni conduttori, ad elettrizzarsi rapidissimamente da un capo all'altro ed a trasmettere quasi istantaneamente in altri corpi buoni conduttori l'elettricità di cui sono investiti, credettero che tutti quei corpi fossero inetti ad elettrizzarsi; ed infatti se prendete una verga metallica ed impugnandola colla mano o lasciandola a contatto di corpi buoni conduttori comunicanti colla Terra, la strofinata anche per lungo tempo, non vi sarà dato di riscontrare nella verga neppure il più leggero indizio di elettricità. Ciò però non autorizza a concludere che lo strofinio non ecciti l'elettricità nella verga metallica come pure la eccita nel vetro e nella ceralacca; anche la verga si elettrizza, ma questa elettricità non può essere avvertita appunto perchè la sostanza della verga conduce ottimamente l'elettricità, e perchè questa, attraversando poi il corpo umano o gli altri buoni conduttori che trovansi a contatto colla verga, si scarica istantaneamente nella Terra. Per rendere evidente codesta spiegazione s'impugna la verga con sostanze isolanti, come sarebbe ad esempio un tessuto di seta, ed allora, strofinando la verga, questa si elettrizza e si mantiene elettrizzata finchè non vien messa a contatto con altri corpi buoni conduttori.

E qui convien avvertire che quando un corpo comunica l'elettricità ad un altro, la sua forza elettrica si indebolisce; esso perde manifestamente di forza elettrica, poichè le attrazioni, le ripulsioni, le scintille che esso può produrre di poi sono più deboli di prima. Quando i due corpi sono posti a contatto, quello che serve ad elettrizzare l'altro perde tanto più di forza elettrica quanto più grande è la superficie del corpo al quale ei comunica l'elettricità, cosicchè se questa superficie è grandissima, il primo perde della sua forza a tal segno che non dà più alcun indizio di elettricità.

Ed ora si può comprendere per qual ragione toccando con la mano un corpo elettrizzato, la sua elettricità svanisca interamente. Gli è che a quel contatto ei comunica l'elettricità alla nostra

persona, questa al pavimento e a tutto l'edificio ove ci troviamo, e quello alla Terra. Ora, siccome la Terra è enormemente grande e peragone degli

altri corpi nominati, così l'elettricità di questi corpi svanisce affatto, ed essi tornano nel loro stato naturale.

II.

Hawkesbee perfeziona l'invenzione di Ottone di Guericke. — Cinesino di crini sostituito alla mano dello sperimentatore. — Macchina elettrica di Ramsden. — L'elettrometro. — Interessanti esperienze; la danza elettrica. — Lo sgabello isolante. — Scintille cavate dal corpo umano. — Accensione dell'etere col ghiaccio. — Scossa elettrica. — Inapprezzabile durata della scintilla. — Il quadro magico. — Lo scettro scintillante. — Scampanio elettrico. — Influenza delle punte.

Lo studio di questi importanti fenomeni iniziato come abbiamo già detto da Ottone di Guericke colla macchina elettrica, superiormente descritta, fu assiduamente continuato dai fisici che gli succedettero; questi perfezionarono successivamente la macchina ideata del borgomastro di Magdeburgo; nel 1709 l'inglese Hawkesbee ottenne una macchina elettrica più energica di quella proposta da Ottone di Guericke, sostituendo alla sfera di zolfo una sfera di vetro che veniva messa in movimento girando apposto manubrio; applicando la mano asciutta sulla superficie del vetro ruotante questi rimane elettrizzato.

Nel 1733 il tedesco Bose, professore a Wittenberg, applicò alla macchina elettrica un conduttore di latta dal quale pendeva una catenella metallica che toccava il vetro; il conduttore di latta era sostenuto e mantenuto isolato mercò cordoncini di seta, così l'elettricità lentamente sviluppata dalla macchina raccoglievasi nel conduttore di latta che, grazie alla coibenza dei cordoni di seta, conservava per qualche tempo una forte dose di elettricità e questa permetteva di eseguire numerose ed interessanti esperienze. Sette anni dopo Winkler, professore di latino e greco all'Università di Lipsia, ed appassionato cultore della fisica, trovando troppo incomodo per lo sperimentatore il sistema, fino allora seguito, di elettrizzare il globo di vetro applicandovi sopra la mano, raggiunse lo stesso intento sostituendo alla mano un cinesino di crini mantenuto aderente alla superficie del vetro. Di lì a pochi anni la sfera di vetro cedette il posto ad un cilindro della stessa sostanza che analogamente veniva messo in movimento facendo ruotare un manubrio; finalmente nel 1768 anche il cilindro di vetro fu abbandonato, poichè l'inglese Ramsden sostitui il cilindro con un disco della stessa sostanza. La macchina elettrica di Ramsden differisce po-

chissimo da quella impiegata ancor attualmente nei gabinetti di fisica, la quale vedesi rappresentata nella figura 43. Un disco di vetro MN è forato nel centro ed è traversato da un asse metallico orizzontale adagiato sopra due sostegni verticali di legno A e B; quest'asse e conseguentemente anche il disco MN possono esser mossi circolarmente grazie al manubrio m. Nello spazio interposto fra i due sostegni verticali A e B e le superfici laterali del disco son collocati quattro cinesinetti, due dei quali rimangono quindi a destra e gli altri due a sinistra del disco; questi cinesinetti formati di crini spalmati d'amalgama di stagno, zinco, bismuto e mercurio, e d'un po' d'unto di maiale vengono costantemente mantenuti aderenti alla superficie del disco di vetro mercò molle d'acciaio, e così muovendo circolarmente il manubrio m, il disco gira e molti punti delle sue superfici laterali vengono successivamente strofinati dai cinesinetti di crini; dopo alquanti giri il disco si trova fortemente elettrizzato positivamente in tutti quei punti che furono strofinati dai cinesinetti non altrimenti del bastone di vetro, da noi precedentemente menzionato, che dà segni manifesti di elettricità positiva, quando sia strofinato con un pezzo di seta. Si potrebbero quindi istituire le desiderate esperienze giovandosi direttamente dell'elettricità posseduta dal disco, ciò però riuscirebbe poco agevole allo sperimentatore, e la quantità di elettricità di cui si potrebbe disporre, riuscirebbe troppo tenue in causa della poca conduttività del vetro; perciò appunto Ramsden ebbe la felice idea di applicare lateralmente al disco di vetro un anello metallico, molto schiacciato p p' provveduto d'una serie di punte metalliche, che son flette i pettini della macchina; queste punte toccano successivamente vari punti del disco e — grazie alla somma conduttività di cui godono i metalli ed all'influenza della forme

accuminata — sottraggono l'elettricità dalla superficie del vetro. Dai due lati dell'anello si staccano due pezzi cilindrici di metallo, che diconsi *conduttori*. Questi, indicati con C nella nostra figura, sono sostenuti e mantenuti isolati mercé quattro colonnette di vetro; le estremità dei due conduttori C C sono arrotondate e fra loro congiunte, mercé un'asta metallica. Una di queste due estremità è sormontata da un pendolino elettrico E, la cui maggiore o minore deviazione dall'e verticale, rivela nei conduttori C C una dose di elettricità più o meno grande; la varia inclinazione di quel pendolino serve edunque a misurare l'elettricità posseduta dei conduttori, perciò esso è detto *elettrometro* che vale appunto: misuratore dell'elettricità. Quando la macchina è in riposo, l'elettrometro rimane verticale, ma esso incomincia a divergere non appena la macchina entra in azione, quando cioè si fa girare il disco M N. Accenderemo per ultimo che una catenella metallica, visibile sulla destra della figura, stabilisce una continua comunicazione elettrica fra i cuscinetti ed il suolo e quindi anche colla Terra.

Grazie a tali disposizioni si può accumulare gradatamente sui conduttori una fortissima dose di elettricità. Fra le esperienze che vogliamo fare, con la macchina elettrica, esporremo quelle che possono meglio servire a porre in luce le proprietà fondamentali dell'elettricità.

« Si prendano (1) molti stretti nastri di carta, o molti fili di canape, e allacciandoli tra loro da una estremità mediante un filo pure di canape, se ne faccia un mazzetto; e questo si appenda al conduttore della macchina per mezzo del medesimo filo. Appena farete girare il disco, il mazzetto si aprirà a guisa di ombrello. Gli è che tutti i fili o nastri onde è composto, si elettrizzano per comunicazione e trovandosi così tutti elet-

trizzati *similmente*, si respingono tra loro. Il fenomeno non riesce se il mazzetto è sospeso ad un filo di seta, ma torna a ripetersi purché si bagnino d'acqua o di saliva due dita e poi si facciano scorrere lungo il filo di seta. Ecco resa evidente la diversa facoltà conduttrice dei diversi corpi e l'efficacia dell'umidità nel togliere la facoltà isolante ai corpi che naturalmente sarebbero cattivi conduttori dell'elettricità.

« Si appenda al conduttore in posizione orizzontale un piatto metallico, cioè un disco di ottone o d'altro metallo: e sotto ad esso, a poca distanza, si collochi un piatto consimile sul quale sieno state disposte alcune palline di midollo di sambuco. Il piatto superiore sia appeso per mezzo

d'una catenella metallica, o, ciò che torna lo stesso, di un filo conduttore ed il piatto inferiore abbia parimenti, col suolo, una comunicazione conduttrice. Posta in moto le macchine, le palline balzeranno su e giù con grandissima rapidità, sì che parrenno una gragnuola. Possono usarsi, invece delle palline, almeni fantocci di carta (figura 41) o di midollo di sambuco, i

queli si rizzano in piedi, saltellano e vanno in giro tra i due piatti, in maniera curiosa a vedersi ».

L'elettricità posseduta dal conduttore, mentre il disco gira, è, come abbiamo detto, resa manifesta dell'elettrometro E (figura 43), poichè questi diverge tanto più, quanto migliore è la quantità di elettricità che va gradatamente accumulandosi sui conduttori; ma questa scompare non appena si stabilisce una comunicazione elettrica, mediante una catenella metallica, o in altra guisa, fra i conduttori ed il suolo, e siccome il corpo umano è un ottimo

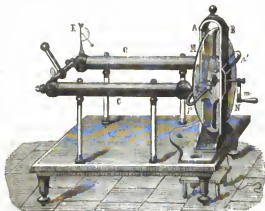


Fig. 43. MACCHINA ELETTRICA DI RAMMSEN.



Fig. 41. DANZA ELETTRICA.

(1) Vedi ANDREOLI, *Fisica*, pag. 977.

conduttore dell'elettricità, così, basta tenere un dito sul conduttore, per privarlo d'un tratto di tutta la sua elettricità; l'elettrometro ritorna verticale, loggiendo il dito e purché il disco continui a girare, l'elettricità ricompare nuovamente nel conduttore ed è tosto accennata dall'immediato divergere dell'elettrometro.

« Poiché il corpo umano è conduttore (1) epperò capace di elettrizzarsi per comunicazione, si comprende facilmente che isolando una persona, questa dovrà elettrizzarsi come gli ordinari conduttori metallici isolati, e darà, come essi, i

soliti segni di elettricità. Ciò si verifica mediante uno *sgabello isolatore*, il quale comunemente è una tavoletta di legno con quattro gambe di vetro inverniciato di gomma copale. Se non vi sale e poi tiene un dito sul conduttore, mentre la macchina è in moto, egli diventa con ciò, direm così, un'aggiunta od appendice del conduttore, epperò si elettrizza e si conserva elettrizzato egli pure: altrae e respinge i corpi leggeri; se altri gli accosta un dito, scocca la scintilla, e provano entrambi il senso di puntura; se tiene in mano il mazzetto di fili o nastri di



Fig. 45. SPIRITO DI VINO INFIAMMATO COLLA SCINTILLA ELETTRICA.

enì si è precedentemente parlato, questo si allarga, come quando era sospeso al conduttore; i suoi capegli si drizzano, poichè il capo li respinge, ed essi oltre a ciò si respingon tra loro, ecc. »

La fig. 45, tratta da un'opera Inglese dello scorso secolo, rappresenta una curiosa esperienza che a quei tempi attrasse tutta l'attenzione del pubblico: l'uomo che occupa il centro della figura è isolato poichè sta sopra ad uno sgabello di vetro, colla sinistra ei tocca il conduttore d'una macchina elettrica, mentre colla destra impugna

una spada; quando la macchina elettrica è tenuta in movimento, l'elettricità da essa sviluppata, passa nell'uomo e quindi nella spada; accostando alla punta di questa un corpo qualsiasi, scocca la scintilla, e se il corpo è infiammabile, la scintilla lo accende; come è appunto il caso rappresentato dalla figura.

L'esperienza riesce ancor più sorprendente se la persona che sta sullo sgabello isolante, avvicina alla sostanza infiammabile un pezzo di ghiaccio dal quale scaturisce la scintilla incendiaria.

(1) ABBONDOLI, Op. cit., pag. 208.

« Le scintille (1) si ottengono da una macchina elettrica assai meglio che dai tubi di vetro o da altri corpi strofinati a mano. E generalmente quanto è più forte l'elettricità della macchina, tanto più vive, grosse e rumorose, riescono le scintille: e così pure esse scoccano tanto più da lontano, cosicchè la distanza alla quale si possono ottenere, è una specie di misura della forza, o, come dicono i fisici, della *tensione* che l'elettricità possiede in questa o quella parte del conduttore. Colle macchine potenti si possono far scoccar scintille persino alla distanza di 30 a 35 centimetri. Siffatte scintille non producono già



Fig. 46. SCINTILLA ELETTRICA.

un senso di puntura, ma uno scuotimento brusco e spiacevole che si dice *scossa elettrica*; il quale, a seconda della potenza della macchina, si fa sentire solamente nella mano, in tutto il braccio od anco fino al petto e più particolarmente nelle giunture; si cava la scintilla dal conduttore di una macchina elettrica, presentando ad esso la punta o la nocca d'un dito (fig. 46); le scintille più potenti, possono produrre scossa tanto formidabile da compromettere l'esistenza dell'incauto sperimentatore. Anche l'aspetto di tali scintille è straordinario, poichè non possono più



Fig. 47. SCINTILLA VIBRATA.

paragonarsi, come le scintille comuni, a vivaci fiammelle diritte e corte, ma sono piuttosto lunghe striscie luminose a zig-zag, quasi piccole folgori (fig. 47). La scintilla, generalmente è bianca, ma può essere gialla, azzurrina, purpurea o d'altro colore, secondo le circostanze, e specialmente secondo i corpi tra i quali scocca.

« Talvolta si direbbe che la scintilla si scaglia dal conduttore della macchina sopra il corpo che gli vien presentato; tal altra sembra che la scintilla balta opposta strada; niuno però saprebbe determinare sicuramente se essa incomincia da

un lato o dall'altro, sì breve è il tempo che dura, sì rapida è la comunicazione dell'elettricità fra due corpi conduttori. Questa meravigliosa brevità del tempo che dura una scintilla non si può conoscere ad occhio, perchè l'occhio non perde così tosto l'impressione della luce, ma la conserva per un poco di tempo anche dopo cessato il fenomeno che l'ha prodotta; così, un tizzone acceso che si faccia girare velocemente, fa comparire nell'aria un nastro di fuoco; è fuor di dubbio che la punta accesa del tizzone ora è in un luogo ora in un altro; ma perchè ella passa e ripassa per un medesimo luogo, a sì brevi intervalli, che la sensazione non ha tempo di svanire, perciò avviene che ci sembri costantemente in quel luogo. E siccome lo stesso deve ripetersi riguardo a tutti gli altri luoghi, pel quali ella passa girando, così, in conclusione, noi la vediamo costantemente in tutti questi luoghi, il che



Fig. 48. NASTRO DI FUOCO.

naturalmente, costituisce la sensazione di una striscia continua di fuoco ed analogamente avviene per la scintilla, che per la prodigiosa velocità con cui si muove, sembra (fig. 47), un nastro di fuoco mentre, in fatto, è soltanto un punto luminoso. Per farsi un concetto di questa prodigiosa velocità, può servire l'elegante esperienza del *quadro magico*.

« Sopra una lastra di vetro si incolla una striscia di stagnola, seguendo una linea serpeggiante (vedi fig. 48) con molteplici tratti paralleli; questa lista principia verso la sommità della lastra di vetro e dopo molti e molti andirivieni, giunge fino all'orlo inferiore della lastra. Poscia con un temperino si ritagliano da questa striscia parecchi pezzetti, mettendo a nudo la corrispondente superficie della lastra di vetro, e si procura che l'insieme delle porzioni di vetro così denudate, presenti all'occhio la figura di una parola, d'un

(1) ANDREOTTI, Op. cit. pag. 939.

flore, d'un edificio o simili. Ciò fatto si stabilisce, mercè un conduttore metallico, una comunicazione fra un'estremità della striscia di stagnola ed il conduttore della macchina elettrica, e si fa comunicare col suolo l'altra estremità della striscia; ad ogni interruzione praticata in quest'ultima scocca una piccola scintilla, perciò — se l'esperienza è fatta nell'oscurità — ad ogni scintilla scoccante dalla macchina elettrica, tutta la figura rappresentata sul quadro apparisce repentinamente illuminata. Può usarsi anche un tubo di vetro sul quale sia incollata una striscia di stagnola disposta a spirale, cioè a guisa del filo d'una vite: la quale striscia sia poi tagliata a piccoli intervalli, in modo da rimanerne solamente una serie di pezzetti, separati ciascuno dal suo consecutivo per mezzo d'un breve tratto di vetro. E in questa forma l'apparecchio si dice *tubo scintillante* o *scettro elettrico* (fig. 49); ponendo in comunicazione un'estremità della striscia con la macchina elettrica, l'altra col suolo e facendo agire la macchina tutta la striscia spirale si illumina. È facile rendersi conto di questo grazioso fenomeno: quando il conduttore della macchina è posto in comunicazione con un'estremità del nastro di stagnola, che è un ottimo conduttore, gli comunica l'elettricità; questa comunicazione è, come sempre, accompagnata da scintilla. Elettrizzato così il nastro fino al luogo in cui c'è la prima interruzione o lacuna, e trovandosi così di fronte al contiguo pezzo di stagnola, la scintilla scocca attraverso la lacuna e l'elettricità è comunicata a quel secondo pezzo. Questo alla sua volta, essendo ora elettrizzato, e avendo vicino il terzo pezzo di stagnola, gli comunica l'elettricità; e perciò scocca fra essi un'altra scintilla; e così discorrendo. Questo fenomeno è quindi una successione di comunicazioni d'elettricità da conduttori a conduttori, ciascuna delle quali è accompagnata da scintilla, poichè tutti quei conduttori sono disgiunti da sostanze coibenti (l'aria e la superficie del vetro). Ora siccome tutta la figura del quadro, o tutta la spirale del tubo, apparisce luminosa, così è forza supporre



Fig. 49. SCETTRO ELETTRICO.

che quando scocca l'ultima scintilla, cioè quella che è più lontana dal conduttore della macchina, l'occhio non ha ancora smarrita la sensazione della prima, cioè di quella che è più vicina al conduttore. È questo adunque un effetto interamente simile a quello del tizzone acceso e di tanti altri del medesimo genere. Perocchè la scintilla scocca senza dubbio *successivamente* in tutte le lacune della stagnola; voglio dire che quando scocca nella terza è cessata nella seconda, ecc. Ma la rapidità con che queste scintille si succedono l'una all'altra è sì grande che sono già scoccate tutte, prima che l'impressione prodotta dalla prima si sia dileguata. Per l'occhio è precisamente come se tutte le lacune fossero luminose in un medesimo istante.

« Ora, se in un tempo più breve di quel che duri nell'occhio l'impressione della luce possono pure scoccare *te uno dopo le altre*, centinaia o migliaia di scintille (poichè le lacune si possono moltiplicare ad un numero stragrande, e il fenomeno riesce egualmente), qual sarà mai il piccolissimo intervallo di tempo che basta allo scoccare d'una sola scintilla? Poniamo che la stagnola abbia soltanto 100 lacune: saranno 100 scintille che scoccano una dopo l'altra in un tempo minore della durata di un'impressione luminosa. Poniamo che questa sia una decima parte di minuto secondo; 100 scintille in meno di un decimo di minuto secondo gli è come dire 1000 scintille in meno di un secondo, ossia una scintilla in meno di un millesimo di minuto secondo. V'è poi da aggiungere, poichè si tratta di cose tanto piccole, che ogni pezzetto di stagnola richiederà anch'esso un po' di tempo per elettrizzarsi da un capo all'altro, cosicchè parte del piccolissimo periodo di tempo che scorre fra lo scoccare di due scintille successive, va consunta nel periodo di silenziosità ed invisibile comunicazione dell'elettricità sulla piccola superficie metallica, interposta fra due successive lacune; donde risulta che la durata di ciascuna scintilla è ancor più breve di quel che sarebbe senza queste sospensioni. E soprattutto poi è da riflettere che questo computo ci darebbe solamente (per usare una frase dei matematici) un *limite massimo* della durata in discorso, ossia ci porrebbe solamente in grado di affermare che la durata d'una scintilla *non arriva* certamente ad un millesimo di minuto secondo, lasciandoci del resto incertissimi se essa rimanga molto o poco

di sotto di questo limite. » Con sagacissime esperienze — che per non varcare i limiti che ci siamo imposti non possiamo qui riferire (1) — si è trovato che è molto di sotto, e che certe scintille non durano nemmeno un milionesimo di minuto secondo.

Citeremo per ultimo un'altra esperienza non meno interessante: lo scampanto elettrico; questo è ottenuto mercé un apparecchio composto di tre campanelle d'ottone (fig. 50); le due campanelle laterali sono sospese mediante catenelle dello stesso metallo ad una verga metallica orizzontale; la campanella intermedia è invece sospesa alla stessa verga mercé un filo isolante di seta, ma è però mantenuta in comunicazione



Fig. 50. SCAMPANTO ELETTRICO.

elettrica col suolo, grazie ad una catenella metallica; in ciascuno dei due spazi interposti fra le campanelle è collocato un pendolino formato d'una pallina d'acciaio sospesa alla verga orizzontale, mediante un filo di seta. Dal punto di mezzo della verga si stacca un uncino metallico che permette di sospendere tutto l'apparecchio al conduttore d'una macchina elettrica. Quando quest'ultima è in azione l'elettricità si trasmette alle due campanelle laterali, le quali acquistano perciò la virtù di attrarre la contigua pallina di

acciaio, ma questa toccando la campanella, si elettrizza come quest'ultima e perciò entrambe le palline sono immediatamente respinte. Le due palline respinte vanno a colpire la campanella intermedia e siccome questa è di metallo e comunica metallicamente con la Terra, così l'elettricità posseduta dalle palline di acciaio si trasmette alla campanella e da questa si scarica tosto nella Terra; allora le palline rimaste prive d'elettricità vengono rispettivamente attratte dalle campanelle laterali, vengono a contatto con queste, ma solo per un istante, poichè subito dopo sono respinte e vanno ad urtare la campanella intermedia giungendo a contatto con la quale rimangono nuovamente prive d'elettricità. Così, finchè la macchina elettrica rimane in azione, le palline d'acciaio oscillano fra le campanelle producendo un continuo scampanto.

Tanto nella macchina elettrica già descritta (fig. 43), quanto in quelle che esamineremo fra breve, le estremità dei conduttori cilindrici (C, C) sono accuratamente arrotondate, poichè l'esperienza fece conoscere che i corpi rotondi elettrizzati perdono a contatto con l'aria solo debbole parte della loro elettricità mentre invece i corpi accuminati perdono tanta maggior copia d'elettricità quanto più sono aguzzi. Applicando al conduttore d'una macchina elettrica dei corpi di più in più accuminati, esso dà indizi di elettricità sempre più debbole, poichè l'elettricità sviluppata dal disco si versa abbondantemente nell'aria passando pel corpo accuminato. Se quest'ultimo è una punta aguzza tutta l'elettricità fugge per essa ed il conduttore non dà più alcun indizio elettrico. Lo stesso fenomeno si verifica anche accostando al conduttore una punta metallica posta in comunicazione col suolo. Vedremo fra non molto quanto sia importante questa singolare proprietà delle punte.

III.

Macchina elettrica di Nairne per lo sviluppo delle due elettricità. — La riparazione d'una locomotiva e la macchina idro-elettrica di Armstrong. — Formidabile potenza di queste macchine. — Ipotesi di Franklin o del fluido unico; ipotesi di Symmer o dei due fluidi. — Attuale inutilità di queste ipotesi. — L'elettricità considerata come speciale forma di moto nelle molecole.

La macchina di Ramsden da noi precedentemente descritta serve ad accumulare sui conduttori la elettricità vitrea o positiva ottenuta dalla

frizione del disco di vetro sui cuscinetti di crine, questi ultimi rimangono elettrizzati negativamente e la loro elettricità si scarica continua-

(1) Il lettore che avesse concesso le interessanti esperienze di cui si è fatta parola qui sopra, potrà facilmente conoscere le già

citate Fricke dell'Annuaire, a pag. 111 e seguenti, dalla quale abbiamo ricavato le successive considerazioni.

mente nel suolo percorrendo la catenella metallica di cui già parliamo. Però in alcuni casi interessa istituire esperienze con l'elettricità resinosa o negativa; anche allora si può ricorrere alla macchina di Ramsden, ma è mestieri isolare i cuscinetti togliendo la catenella e sostenendo tutta la macchina con uno sgabello isolante e nel tempo stesso convien stabilire una comunicazione elettrica, mercè catenella metallica, fra i conduttori ed il suolo. Con tale disposizione i cuscinetti, i due sostegni verticali ed il tavolo rimangono elettrizzati negativamente, si può quindi ricavarne l'elettricità negativa. Per evitare gl'incomodi derivanti da questa nuova disposizione, i fisici costruirono altre macchine elettriche dalle quali si può più facilmente ottenere a piacimento ora l'elettricità positiva, ora l'elettricità negativa.

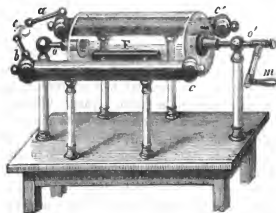


Fig. 51. MACCHINA ELETTRICA DI NAIKNE.

Ci limiteremo a descrivere la *macchina elettrica di Naikne* rappresentata dalla figura 51. Un cilindro di vetro, disposto orizzontalmente, può ruotare intorno al proprio asse oo' quando si faccia girare la manovella m ; lungo i due lati di questo cilindro sono collocati due conduttori CC' montati sopra sostegni isolanti. Il conduttore C è provveduto d'un cuscinetto F costretto da una molla a premere costantemente sulla superficie del cilindro, l'altro conduttore C' è provveduto di punte dirette verso il cilindro di vetro; quest'ultimo rimane elettrizzato positivamente e, per mezzo delle punte, trasmette l'elettricità positiva al conduttore C , mentre il cuscinetto, che rimane elettrizzato negativamente, trasmette l'elettricità negativa al conduttore C . Quando non si ha bisogno che d'una sola specie di elettricità, si mette in comunicazione col suolo quel conduttore sul quale si accumulerebbe l'altra, e così riesce più

sensibile la carica sul conduttore destinato alle esperienze.

Descriveremo per ultimo la *macchina idro-elettrica*, che produce potentissimi effetti, l'invenzione della quale è dovuta ad una circostanza del tutto fortuita (1): « Nel 1840 un macchinista inglese, riparava, nelle vicinanze di Newcastle, una caldaia di macchina a vapore nella quale erasi manifestata una fuga. Accidentalmente ei venne a toccare con una mano la valvola di sicurezza mentre l'altra mano trovavasi in mezzo al getto di vapore. Quell'operaio provò tosto una scossa vivissima e vide alcune vivaci scintille scoccare dalle estremità delle dita che toccavano

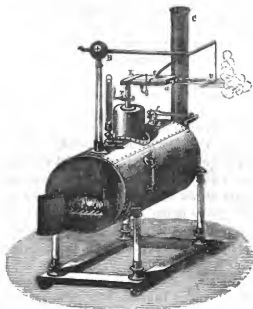


Fig. 52. MACCHINA IDRO-ELETTRICA DI ARMSTRONG.

la valvola. Ei trovavasi allora sopra uno zoccolo in mattoni casualmente riscaldati, perciò questi funzionavano come corpo isolante. Il fatto venne all'orecchio del fisico Armstrong, questi rinnovò l'esperienza sopra altre macchine: fece uscire il vapor acqueo da una caldaia, obbligandolo ad attraversare un largo tubo di vetro munito alla sua estremità d'un robinetto isolato. Finché il vapore imprigionato nella caldaia non aveva uscita, non si manifestava alcun fenomeno elettrico; non appena si apriva il robinetto questi elettrizzavasi negativamente mentre il vapor acqueo riesciva elettrizzato in opposto senso. La caldaia rimaneva allo stato naturale. Codesta esperienza fece conoscere che le due diverse elet-

(1) Vedi FIGURA, Op. cit. Tome I, pag. 458.

tricità si producevano soltanto alla bocca di scarico in causa della frizione del vapore sulle pareti del robinetto.

« Posteriormente l'illustre Faraday compì lo studio di questo fenomeno mostrando che il vapore secco ad altissima temperatura non produce elettricità alcuna; obbligandolo però ad attraversare una scattola ripiena di stoppa umida, e si carica di goccioline d'acqua e produce abbondantissima dose di elettricità; rimane quindi chiarito che la vera origine di questo sviluppo d'elettricità risiede nella frizione delle goccioline liquide. Faraday riconobbe inoltre che la materia con cui son fatti i beccucci destinati allo scarico del vapore esercita grande influenza sulla quantità di elettricità che si può ottenere. La materia che meglio si presta è il legno di bosso.

« Su queste basi Armstrong costruì la macchina rappresentata dalla figura 52. Essa si compone d'una caldaia cilindrica in lamiera di ferro, a focolaio interno, isolata sopra quattro sostegni di vetro; il tubo di cristallo *a* indica il livello dell'acqua nell'interno della caldaia; C è il fumaiolo pel quale escono i prodotti della combustione; s è la valvola di sicurezza. Acceso il fuoco, e tenuta chiusa ogni uscita, il vapore va acquistando grado grado tensione ognor maggiore, indicata da apposito manometro. Quando la pressione del vapore raggiunge un limite prestabilito, si apre il robinetto *r*; il vapore uscendo dalla caldaia, penetra nella scattola K, ripiena di fiocchi di cotone bagnato, alla quale sono applicati più tubi di bosso, il vapore è quindi costretto ad attraversarli prima di uscire dalle aperture *a*, in questo passaggio e si elettrizza positivamente mentre la caldaia dà segni di elettricità negativa. Si raccoglie l'elettricità positiva dirigendo il getto di vapore sopra uno schermo *v* provveduto di molte punte metalliche comunicanti metallicamente colla sfera d'ottone B isolata sopra una colonnetta di vetro, e così l'elettricità positiva si raccoglie abbondantemente sulla sfera B. La quantità d'elettricità fornita dalla macchina idro-elettrica cresce col crescere della pressione del vapore. Di solito si impiega vapore alla tensione di 5 a 6 atmosfere.

« Gli effetti di questa macchina sono rimarchevolissimi: disponendo d'una caldaia capace di soli 40 litri d'acqua, si ottengono in un solo minuto secondo cinque scintille da 15 centimetri.

« L'Istituto politecnico di Londra ha una mac-

china idro-elettrica la cui caldaia, lunga 2 metri, è provveduta di 46 tubi di scarico; essa dà scintille lunghe 60 centimetri che si succedono a brevissimi intervalli. »

E qui prima di inoltrarci ulteriormente nell'esposizione dei principali fenomeni elettrici crediamo opportuno riferire una saggia considerazione del chiarissimo prof. Giovanni Cantoni (1):

« Ad interpretare e collegare tra loro in qualche modo i fenomeni elettrici sin qui esposti e gli altri di cui avanti si dirà, Franklin e poscia Beccaria, Epino e Volta vennero formulando la seguente teoria. Si suppone che un fluido sottilissimo, imponderabile, detto *elettrico*, investa tutti i corpi; che le sue molecole esercitino tra loro una mutua ripellenza; che sussista una vicendevole attrazione fra tali molecole e quelle della materia grave; che quest'ultima, alla loro volta, esercitino pure una reciproca ripulsione tra di loro; che, quando un corpo non dà segni elettrici, contenga tal quantità di fluido elettrico da riuscire in esso in equilibrio l'insieme delle dette forze; e che però tal dose naturale di elettrico vari da corpo a corpo, a parità di volume, secondo la natura chimica ed il modo di aggruppamento delle sue molecole, sicché in alcuni corpi codesto fluido abbia maggior densità che in altri. Strofinando poi tra loro due diversi corpi, turbasi in entrambi l'equilibrio delle dette forze, e quindi separandoli rapidamente, l'uno trae seco una dose di fluido maggiore della sua naturale e riesce elettrizzato in più, l'altro ne perde una porzione e riesce elettrizzato in meno.

« Symmer e poscia Coulomb e Poisson congetturarono altrimenti. Supposero sussistenti in ogni corpo due diversi fluidi elettrici, l'uno denominato *positivo*, *negativo* l'altro, ed immaginarono che le molecole del fluido positivo esercitino tra loro una mutua ripulsione; che lo stesso facciano le molecole del fluido negativo tra di loro; che invece sussista una reciproca attrazione fra le molecole dell'uno e quelle dell'altro fluido; che poi entrambi codesti fluidi siano attirati ed attirino le molecole della materia grave, ma con varie energie per diversi corpi; che però un corpo risulti in stato naturale (non elettrizzato) quando in esso siavi tal quantità dell'uno fluido e dell'altro che si equilibrino le varie azioni attrattive e repulsive anzidette; e che collo strofinio di due diversi corpi, l'uno riceva un

(1) Current, *Compendio di Elettrologia*, pag. 39. Milano, Vallardi 1894.

eccesso dell'un fluido e l'altro dell'altro, sicché, separandoli, si manifestano l'uno elettrizzato positivamente e l'altro negativamente.

« Codeste ipotesi ebbero corso sinora nella scienza, sembrando per esse facilitata l'esposizione dei fenomeni; laddove non fanno che ripetere con voci vaghe od oscure i particolari di fatto. Ma val meglio procurare, per quanto è possibile, di descrivere i fenomeni quali direttamente ci si manifestano, e quindi considerare l'elettricità come una speciale forma di moto nelle molecole, o piuttosto nei gruppi secondari di mo-

lecole costituenti i corpi; riguardare i due stati elettrici opposti come l'atto di due forze opposte ed eguali, a modo dell'azione e reazione nei fenomeni di elasticità; e ritenere la conduttività o la coibenza elettrica come semplice espressione della varia attitudine dei singoli corpi alla propagazione di tal moto molecolare nel loro interno, a guisa della varia attitudine dei corpi elastici e dei corpi molli alla trasmissione del suono. »

A tale suggerimento ci siamo pienamente conformati nella compilazione di queste pagine.

IV.

Classica esperienza eseguita da Musschenbroek a Leida nel 1746. — La potenza della scossa e la corona di Francia. — La bottiglia di Leida. — Perfezionamenti dovuti a Watson e Bevis. — L'armatura interna e l'armatura esterna. — Cautele necessarie nel provocare la scintilla. — Lo scaricatore. — Ragno elettrico. — Bottiglia scintillante. — Giare e batterie elettriche. — Il quadro fulminante e le sue due armature. — L'elettroforo. — L'eccitatore universale. Esperienze elettriche.

Nel 1746 l'olandese Musschenbroek (1), professore di fisica nell'Università di Leida, eseguiva una serie di esperienze elettriche. Considerando che i corpi elettrizzati, quando sono liberamente esposti all'aria, perdono in breve il loro stato elettrico in causa della conduttività elettrica dell'aria, ei pensò che se un corpo elettrizzato fosse ovunque circondato da corpi non conduttori, potrebbe accumulare in sé maggior copia di elettricità e conservarla quindi per qualche tempo. L'acqua è un buon conduttore, ed il vetro è un ottimo isolante, e perciò Musschenbroek tentò di elettrizzare l'acqua racchiusa in una bottiglia di vetro: per raggiungere l'intento il sospese orizzontalmente mediante cordoni di seta (fig. 53), una verga metallica, un capo della quale riceveva, per comunicazione, la carica elettrica da una sfera di vetro che, mercè un manubrio, veniva fatta ruotare intorno al proprio asse, mentre un'altra persona applicava le mani alla superficie della sfera e quindi la elettrizzava. Dall'altro capo della verga orizzontale pendeva un filo d'ottone, la cui estremità inferiore penetrava fin presso al fondo d'una bottiglia di vetro parzialmente piena d'acqua. Lo sperimentatore impugnava la bottiglia con la sinistra; mentre ei trovavasi in questa posizione, avvicinò casualmente la destra alla verga metallica. Qual non fu la sua sorpresa vedendo scoccare una viva scintilla e ricevendo in

pari tempo, nelle braccia e nel petto, una scossa ben più violenta di quella che ei riceveva abitualmente dalla sua macchina elettrica! Convenne però ritenere che la sorpresa e l'emozione gli abbiano fatta giudicare la scossa ben più formidabile di quanto potè essere realmente, attesa la piccolezza della bottiglia impiegata in quest'esperienza. Musschenbroek ne fece un gran caso; nel riferirla ai suoi amici gli sconsigliava dal ripeterla, dichiarando con gran enfasi che dal canto suo non l'avrebbe rinnovata neppure *per la corona di Francia*.

La notizia si divulgò in breve, ed i fisici di tutti i paesi spinti, vuoi da curiosità, vuoi da vero amore alla scienza, ripeterono l'esperimento eseguito a Leida, affrontando arditamente la formidabile scossa.

Come era da prevedersi, la scienza si arricchì di nuovi fatti; il fisico inglese Watson riconobbe che la forza della scarica che si ottiene dalla bottiglia elettrica — che fu poi detta *bottiglia di Leida* — aumenta al crescere dell'ampiezza della bottiglia ed è indipendente dalla potenza della macchina elettrica che serve a provocarla; Watson riconobbe pure che la scarica fornita dalla bottiglia riesce tanto più forte quanto più sottile ne è il vetro.

Un altro sperimentatore inglese, Bevis, migliorò la disposizione della bottiglia di Leida che assunse la forma (fig. 54) usata anco al presente.

(1) Nato a Leida nel 1692, morto nel 1761.

Rinnovando in più modi l'esperienza del professore olandese, Bevis poté convincersi che l'energia della scarica fornita dalla bottiglia è in-

dipendente dalla quantità d'acqua contenutavi purchè ve ne sia per bagnare il filo d'ottone che si interna nella bottiglia; da ciò ei concluse che



Fig. 53. EXPERIENZA DI MURCHESON.

quell'acqua fa l'ufficio di conduttore e riflettendo che i metalli conducono l'elettricità ancor meglio dell'acqua, pensò di sostituirla con un me-

recenti il piombo fu alla sua volta sostituito da sottili foglie d'oro, metallo non ossidabile e miglior conduttore dell'elettricità. Considerando in-



Fig. 54. BOTTIGLIA DI LEBLA.

tallo; impiegò a tal uopo minuti pallini di piombo e poté così aumentare la potenza della scarica elettrica fornita dalla sua bottiglia. In tempi più



Fig. 55. SCARICATORE.

sine che l'operatore, impugnando la bottiglia, funzionava da conduttore elettrico, Bevis poté rendere l'esperienza meno incomoda rivestendo

con una foglia metallica la superficie esterna della bottiglia fino a piccola distanza dalla sommità, così questa superficie riesciva miglior conduttrice e l'esperienza poteva verificarsi anche collocando la bottiglia sopra un tavolo di legno.

La *bottiglia di Leida*, rappresentata dalla figura 54 ha generalmente la forma d'una bottiglia cilindrica a collo corto e stretto attraversato da un turacciolo di legno o di sughero spalmato di vernice resinosa. Tanto il turacciolo quanto la superficie esterna del collo della bottiglia, vogliono essere ricoperti d'una vernice di gomma lacca o d'altra sostanza isolante. Una verga metallica attraversa questo turacciolo e penetra fin presso al fondo della bottiglia, la parte superiore di questa verga, ripiegata in curva per poterla agevolmente appendere al conduttore della macchina elettrica, termina in forma di piccola sfera. La capacità interna della bottiglia è ripiena di foglie di stagnola, di rame, d'oro o d'altro metallo buon conduttore, molto sottili e tagliuzzate in frammenti. Questi, unitamente alla verga ed alla piccola sfera metallica, costituiscono un complesso che i fisici indicano col nome di *armatura interna* della bottiglia; la foglia di stagnola che la riveste al di fuori è detta *armatura esterna*.

Per caricare la bottiglia di Leida è mestieri che una delle due armature comminichino col conduttore d'una macchina elettrica mantenuta in azione mentre l'altra armatura comunica col suolo, ciò si ottiene solitamente impugnando con la mano l'armatura esterna e presentando al conduttore della macchina elettrica la sfera metallica dell'armatura interna; ovvero sospendendo quest'ultima al conduttore della macchina e facendo comunicare col suolo l'armatura esterna, appendendovi (figura 50) una catenella metallica. L'armatura comunicante con la macchina elet-

trica va gradatamente caricandosi d'una gran copia di elettricità di nome eguale a quella fornita dal conduttore della macchina elettrica, mentre l'altra armatura, comunicante col suolo, si carica d'elettricità di nome contrario e questa passa nel suolo percorrendo il corpo umano o la catenella metallica secondo che la comunicazione con la Terra è ottenuta nell'una o nell'altra guisa. La carica dell'armatura comunicante con la macchina non aumenta indefinitamente ma ha un limite dipendente dall'ampiezza della bottiglia; questo limite è raggiunto quando si ode partire dalla bottiglia una specie di sibilo.

L'elettricità accumulata nell'armatura che fu in contatto con la macchina elettrica, non si rende del resto manifesta finché le due armature non hanno fra loro alcuna comunicazione elettrica; ma applicando una mano su una delle due armature ed accostando l'altra mano alla seconda armatura, la bottiglia si scarica istantaneamente e l'esperimentatore prova una scossa elettrica tanto più formidabile quanto maggiore fu la quantità d'elettricità accumulata nella bottiglia. Quando quest'ultima non sia di dimensioni assai piccole, la scossa può

riescire incomoda ed anche pericolosa, quindi non sarebbe prudente l'ottenere in quella guisa la scarica della bottiglia; perciò si fa uso dello *scaricatore* (vedi figura 55) formato di due archi metallici *om*, *on*, riuniti a cerniera in *o*, terminati da due piccole sfere *m*, *n*, provveduti entrambi di manico isolante *v*. Per scaricare la bottiglia si tocca una delle due armature, ad esempio l'interna, con la sfera *m* e quindi si avvicina la sfera *n* all'armatura esterna finché scocca una vivace scintilla. La bottiglia può essere anche scaricata lentamente a poco a poco toccando alternativamente ora l'una ora l'altra delle due armature; questa scarica lenta ed in-



Fig. 50. METACROBIOLOG.

termittente venne resa manifesta con un'ingegnosa disposizione ideata dal celebre americano Beniamino Franklin del quale avremo a riparlarvi fra breve. Sopra una tavoletta di legno (fig. 57) si innalza verticalmente una colonnetta di metallo che a metà altezza è foggiate in forma di sfera,

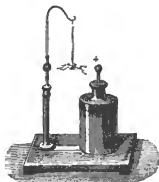


Fig. 57. RAGNO DI FRANKLIN.

dalla sommità di questa colonnetta sporge un'appendice alla quale, mercè un filo di seta, si sospende un pezzetto di sughero cui furono applicati dei fili di lino colorato imitanti le zampe d'un ragno. Si incolla sulla tavoletta una striscia di stagnola e quindi si sovrappone a quest'ultima la bottiglia di Leida previamente caricata ad una macchina elettrica; con tale disposizione, tutta la colonnetta verticale comunica con l'armatura

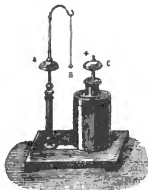


Fig. 58. SCAMPIANO ELETTRICO.

esterna. Ciò posto, il lettore avrà già compreso che il pendolino di sughero verrà dapprima attratto dalla sfera che sormonta l'armatura interna della bottiglia ma non appena la avrà toccata si elettrizzerà alla stessa guisa e quindi fuggirà verso la colonnetta che comunicando con l'armatura esterna è elettrizzata in modo opposto; lo sughero toccherà quindi la colonnetta ma elet-

trizzandosi alla di lei guisa ritornerà verso l'armatura interna, verrà a contatto con la sfera che la sormonta e fuggirà nuovamente verso la colonnetta, la toccherà per abbandonarla subito dopo e così via finchè tutta l'elettricità di cui era caricata l'armatura interna, verrà sottratta a poco a poco dal pendolino di sughero, che in questi andirivieni, eseguirà una danza singolarissima che, grazie alle zampe simulate, potrà paragonarsi ai rapidi movimenti d'un ragno. Si può anche utilizzare la lenta scarica della bottiglia di Leida per ottenere uno scampanio elettrico; si



Fig. 59. BOTTIGLIA SCINTILLANTE.

raggiunge l'intento impiegando una pallina di acciaio (B, fig. 58) in luogo della pallina di sughero ed applicando due campane metalliche A e C, l'una sulla colonnetta comunicante con l'armatura esterna, l'altra sulla sommità dell'armatura interna.

Uteremo ancora una graziosa *esperienza* detta *della bottiglia scintillante* nella quale si fa uso d'una bottiglia la cui armatura esterna è composta di l'armatura metallica mantenuta aderente al vetro, mercè uno strato di gomma. Una striscia di stagnola si stacca dall'armatura interna e giunge fin presso all'armatura esterna. Appesa la bottiglia (fig. 59) al conduttore d'una macchina elettrica mantenuta in azione, l'armatura interna si carica di elettricità, ma non può accumularvisi causa la striscia di stagnola che le offre il mezzo

di giungere quasi a contatto dell'armatura esterna, se la distanza fra quest'ultima e la stagnola è sufficientemente breve, avviene una scarica elettrica, accompagnata da scintilla, dall'armatura interna all'armatura esterna. Esegendo l'esperienza nelle tenebre si vedgono linee di fuoco partire dal punto in cui si produce la scarica e solcare, serpeggiando in varii sensi, la limatura metallica costituente l'armatura esterna.

Per ottenere scariche elettriche ancor più potenti, Bevis riuni tre bottiglie di Leida, congiunse con filo metallico le tre armature interne, unì quindi con catenella che andava poi a toccare il



Fig. 60. BATTERIA DI FRANKLIN (COPICO PER CASCIO).

snolo, anche le tre armature esterne. La forte scarica fornita da questo sistema che fu detto *batteria elettrica*, corrispose pienamente alle speranze del fisico inglese. Contemporaneamente al di là dell'Atlantico, senza punto conoscere la disposizione adottata in Europa, l'immortale Franklin costruì un apparecchio (fig. 60) poco diverso dal precedente per giovare nelle interessanti sue ricerche scientifiche.

Posteriormente il fisico Watson, considerando che l'intensità della scarica elettrica dipende dall'estensione superficiale dell'armatura, costruì formidabili batterie elettriche sostituendo

alle bottiglie dei grandi vasi cilindrici, o *giare*, di vetro a larga imboccatura, rivestite internamente ed esternamente con foglie di stagnola, lasciando però denudate le superfici prossime alle imboccature delle giare per impedire la spontanea congiunzione delle due diverse elettricità che, durante la carica, si accumulano l'una nell'armatura esterna, l'altra nell'armatura interna. Ciascun vaso è provveduto di tracciato reso isolante con apposita vernice; l'asta metallica che attraversando il tracciato penetra nella giara, termina inferiormente con una catenella metallica che giunge a contatto della stagnola. Le sommità delle singole armature interne sono fra loro congiunte con verghe metalliche le quali, come è indicato dalla fig. 61, convergono verso un bottone centrale dal quale staccasi un'asta che vien messa in comunicazione con la macchina elettrica ogni qual volta si vuol caricare la batteria. Le varie



Fig. 61. BATTERIA DI GIARE ELETTRICHE.

giare sono collocate in una cassetta di legno forata di stagnola, comunicante col snolo mercè una catenella metallica K. L'elettrometro, che si scorge sulla destra della figura, indica con la minore o maggior divergenza del pendolino la vera quantità di elettricità accumulata nella batteria. Questa è carica quando il pendolino segna la massima divergenza. Quando si vuol scaricare la batteria si impugna cautamente lo scaricatore (fig. 55), si tocca con una delle due sfere l'anello ove è agganciata la catena K e quindi si accosta l'altra sfera al bottone d'una qualunque delle giare. Allora scocca una scintilla tanto più vivace e sonora quanto più ampia è la superficie delle varie armature costituenti la batteria; quella scintilla può paragonarsi ad una piccola folgore che può bastare ad uccidere persino un bue.

Il *quadro fulminante* (fig. 62) serve come la bottiglia di Leida ad accumulare una gran carica quando anche la macchina elettrica di cui si può

disporre abbia proporzioni assai piccole. Esso si compone d'una lastra di vetro contenuta entro ad una cornice di legno, sulle facce del vetro sono incollate due foglie di stagnola, in modo però che rimangano alquanto discoste dalla cornice; i contorni della lastra, che per tal modo restano privi di rivestimento metallico, vengono ricoperti con uno strato di vernice isolante. Questi due fogli di stagnola costituiscono le due *armature* del quadro fulminante. Una delle due armature rimane completamente isolata dalla cornice, l'altra comunica col legno della cornice mediante una striscia di stagnola, visibile sulla sinistra del quadro. Si carica il quadro fulminante presentando al conduttore d'una macchina elettrica, tenuta in azione, l'armatura isolata ed impugnando la cornice in guisa che la mano sia a contatto della striscia di stagnola, od anche si può adagiare il quadro sopra un sostegno purchè dalla striscia di stagnola scenda una catenella



Fig. 62. QUADRO FULMINANTE.

metallica fino a toccare il suolo. In breve il quadro è caricato. L'armatura comunicante col conduttore della macchina elettrica si elettrizza alla sua maniera, l'altra armatura si elettrizza in modo opposto, toccando soltanto la prima se ne cava debolissima scintilla, toccando invece ad un tempo entrambe le armature — mercè lo scaricatore (fig. 55) — si ottiene una scintilla tanto più vivace e fragorosa quanto più ampia è la superficie del quadro.

La più semplice e più economica fra tutte le macchine elettriche fino ad ora proposte è l'*elettroforo*, invenzione dell'illustre Volta. L'elettroforo (fig. 63) si compone d'un piatto di metallo *rr*, col'orlo rialzato sì da contenere una stiacciata resinosa, formata con sostanze isolanti (*i*), sulla quale si può adagiare un disco metallico *C*, che

dicesi lo *scudo* dell'elettroforo, di diametro un po' minore di quello del piatto; lo scudo è provveduto di manico isolante *v*. Quando si vuol far uso di questo apparato, si percuote la stiacciata con una coda di volpe od altra pelliccia animale, badando che il colpo non cada verticalmente ma strisci obliquamente. Questa percussione elettrizza negativamente la stiacciata. Sovrapponendo a questa lo scudo *C* lo si preme leggermente col dito. Se allora, tolto il dito si solleva lo scudo impugnandone il manico isolante si può facilmente riconoscere che esso è elettrizzato positivamente, ed avvicinandogli un dito si vede scoccare una viva scintilla. — Quando l'aria è asciutta, l'elettroforo conserva l'elettricità anche per più mesi durante i quali si possono ottenere quante scintille si desiderano anche senza rinnovare la percussione con la pelliccia animale, basta soltanto ad ogni esperienza toccare lo scudo mentre



Fig. 63. ELETTROFORO.

è a contatto con la stiacciata e toccarlo nuovamente mentre lo si tiene sollevato impugnandone il manico isolante.

Per sperimentare su varii corpi gli effetti che sovr'essi produce la poderosa scarica elettrica fornita da una batteria, si fa uso dell'*eccitatore universale* rappresentato dalla fig. 64. Esso si compone d'una tavoletta di legno sulla quale si ergono due colonnette di vetro sostenenti due aste di ottone *a, a'*; queste sono disposte in modo da poterle variamente inclinare, accostare od allontanare. Entrambe terminano da un lato in un anello, dall'altro in una piccola sfera *c, c'*. Nello spazio interposto fra le due colonnette è collocato un piccolo disco di legno, *t*, che può essere alzato od abbassato a piacere. Su questo disco si colloca l'oggetto attraverso al quale si vuol far passare la scarica. A tal uopo si congiunge una delle due aste, ad esempio la *a* con l'armatura esterna d'una batteria previamente caricata, quindi, impugnando lo scaricatore (fig. 55)

(1) Volta costruiva l'elettroforo versando sul piatto una miscela composta di due parti di gomma lacca, due di colofonio ed una di trementina fuso insieme ed assegnava alla stiacciata un uniforme spessore maggiore di due o minore di quattro millimetri.

si stabilisce la comunicazione fra il bottone d'una qualunque delle giare e l'altra asta a' ; tosto scocca la acintilla fra la sfera dello scaricatore e l'armatura interna della batteria e nel tempo stesso scocca pure la acintilla fra le due sfere c e c' . Se mercè quest'apparecchio si fa passare una forte scarica attraverso ad un pezzo di legno ben



Fig. 64. SCITTORE UNIVERSALE.

secco lo si vede volare in ischegge; effetto analogo a quello che si produce quando la folgore cade sopra un siero. — Tendendo un filo metallico fra le due sfere c , c' e provocando quindi la scarica, il filo si riscalda ad altissima temperatura; se la scarica è molto energica il filo al

fonde completamente e se il suo diametro è molto piccolo, le sue particelle scompaiono trasformate in vapore. Lo stesso fenomeno ha luogo anche se il filo è mantenuto sott'acqua.

Le energiche batterie elettriche possedute dal



Fig. 65. INFRONTO ELETTRICO.

Museo Teyler e dal Conservatorio d'Arti e Mestieri di Parigi, permettono di fondere istantaneamente un filo di ferro lungo da 15 a 20 metri.

Similmente si possono fondere e volatilizzare

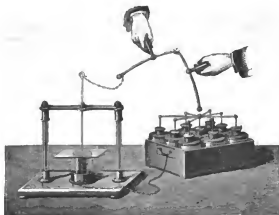


Fig. 66. VETRO FORATO DA UNA SCARICA ELETTRICA.

sottili foglie metalliche collocandole fra le due sfere c , c' dell'eccitatore e facendo passare la scarica attraverso ad esse.

Una sottile striscia di stagnola è volatilizzata da una batteria ordinaria, i vapori metallici che ne derivano formano nell'aria filamenti leggeri e biancastri simili a tele di ragno. Facendo passare

la scarica attraverso ad un filo di seta dorata, il filo di seta, che è un pessimo conduttore rimane intatto; l'oro, che è ottimo conduttore, viene percorso dall'elettricità e volatilizza; tendendo una stoffa bianca al disopra del filo dorato, i vapori d'oro sviluppati dalla scarica si depongono sulla stoffa formandovi una riga oscura. Si utilizza

questo risultato per ottenere *impronte elettriche* obbligando cioè i vapori metallici a depositarsi sulla seta con disegno prestabilito. A tal uopo si intaglia un cartoncino in modo da ottenerne in disegno a trafori l'immagine o le parole che dovranno essere riprodotte sulla seta (la fig. 65 rappresenta il ritratto di Franklin). Ai due lati del cartoncino sono applicate due strisce di stagnola B, B'. Si ricopre una faccia del cartoncino con una foglia d'oro grande quanto occorre perchè giunga a toccare entrambe le foglie metalliche B, B'; sull'altra faccia del cartoncino si applica un pezzo di seta bianca, si ripiegano quindi le due copertine A, A' e si introduce il tutto fra le due tavolette d'un torchietto, visibile sulla sinistra della figura. Posta una delle strisce metalliche B, B' in comunicazione coll'armatura esterna della batteria e l'altra striscia in comunicazione coll'armatura interna, la scarica elettrica volatilizza la foglia d'oro i cui vapori attraversano le linee intagliate nel cartoncino e vengono arrestati dalla seta e su questa aderiscono riproducendovi fedelmente in colore oscuro il disegno intagliato nel cartoncino.

La scarica d'una batteria elettrica può perforare anche grosse lastre di vetro; volendo eseguire quest'esperienza si depongono orizzontalmente la lastra di vetro (fig. 66) sopra un tubo cilindrico della stessa sostanza. Quest'ultimo è internamente attraversato da un'asticella metallica la cui sommità aguzza si erge fino alla faccia inferiore della lastra da perforarsi; una seconda asticella collo-

cata sulla direzione della prima, scende da un traverso orizzontale sostenuto da due colonnette isolanti; l'estremità inferiore di questa seconda asticella termina del pari in punta aguzza che scende fino alla faccia superiore della lastra di vetro. Posta l'asticella inferiore in comunicazione con l'armatura esterna d'una batteria, e congiunta l'asta superiore con l'armatura interna, la scarica passa fra le due punte aguzze e polverizza il vetro interposto che rimane quindi perforato. Per garantirsi l'esito di quest'esperienza è opportuno introdurre l'estremità di ciascuna delle due punte in una goccia di cerallacca versata sulla lastra di vetro nel punto in cui si intende perforarla.

Obbligando la scintilla elettrica a sprigionarsi in uno spazio chiuso ripieno di gas, questi si



Fig. 67.

MORTAIO ELETTRICO.

espande repentinamente producendo energica pressione sulle pareti del vaso che lo racchiude; questo fenomeno è reso evidente dalla graziosa esperienza del *mortajo elettrico*. È questi (fig. 67) un piccolo mortajo d'avorio nella cui imboccatura si colloca una palla della stessa sostanza. Le pareti del mortajo sono attraversate da due verghe metalliche le cui estremità interne trovansi di fronte ed a piccola distanza. Obbligando la scarica a passare fra queste due verghe, scoppia la scintilla; l'aria di cui è ripiena la camera del mortajo si espande e slancia in distanza la palla d'avorio.

IL PARAFULMINE.

I.

Il temporale. — Fulmini fabbricati da Vulcano o lanciati da Giove. — Il segreto di Prometeo; i miracoli di Zoroastro. — Il fulmine impunemente adoperato da Numa uccide l'incerto suo successore. — Singolari fenomeni elettrici. — Il segnale d'allarme nel Castello di Duino. — Il fulmine e le armi da fuoco; i selvaggi americani e gli europei. — Il fulmine secondo Cartesio o Boerhave — Analogia riconosciuta da Wall, Gray, Nollet e Franklin, fra il fulmine e l'elettricità.

Di tutti i fenomeni che si succedono nell'atmosfera, il temporale è quello che produce la più viva impressione sì nell'uomo come in tutti gli altri animali; il temporale eccita lo stupore, lo spavento, l'ammirazione. Quel cielo oscurato da vere montagne di neri nuvoloni che paiono il li per iscaraventarsi sulla terra e seppellirla sotto la loro massa tenebrosa; quei turbini di vento, quei rovesci di pioggia o di grandine che devastano le piantagioni, allagano le vallate e trasformano i più meschini ruscelletti in altrettanti torrenti impetnosi; quegli acrelli immensi e rapidi d'una luce livida, azzorriastra, abbagliante, che straziano per tutti i versi il velo funebre del firmamento; quei ruggiti, quegli scoppi, quei rombi che risuonano ripercossi da ogni eco; quelle subite esplosioni di una materia invisibile, impalpabile, ardente, che colpisce, rovescia, distroge, abbrucia ed uccide.... In tutto questo avvi alcunchè di splendido e di orribile, di grandioso e di spaventevole, ma soprattutto di incomprendibile; giacchè i temporali sembrano generare gli effetti più disparati; essi scoppiano d'ordinario durante i forti calori dell'estate; allora appunto sono violentissimi, ed uno dei loro effetti più comuni è di far cadere una pioggia di veri ghiaccioli, qualche volta molto voluminosi. — Generalmente le nubi sono grandi masse di vapor acqueo, diciamo *generalmente* poichè vi sono nubi (Vedi vol. I, pag. 144) formate intieramente di minuti aghi di ghiaccio. Si comprende quindi come quest'acqua, ritornando allo stato liquido, ricada in grandi masse sul suolo.... Ma che dai fianchi delle nubi si slancino con gran fragore tratti infiammati capaci di incenerire alberi, fondere metalli, vetrificare sabbie, calcinare pietre.... oh! quale strana anomalia! quale abisso impenetrabile! qual campo di inesauribili ricerche per la mente umana!

L'antichità, stupefatta dalla grandiosità del fenomeno, attribuiva ingenuamente il temporale alla collera divina e faceva del fulmine l'arma di Giove, costruita da Vulcano, arma che colpiva la vittima attraverso a qualunque ostacolo. È verosimile che quest'interpretazione, data dai sacerdoti dell'antichità all'imponente fenomeno che ora ci occupa, non fosse creduta vera da coloro che la insegnavano alle moltitudini. Parecchi indizi autorizzano a supporre che i sacerdoti delle più illuminate nazioni dell'antichità avessero, intorno alla folgore, idee meno erronee, e sapessero abilmente sfruttarle. Sembra anzi che essi conoscessero il modo di attirare in folgore dal cielo; è facile l'immaginare qual vantaggioso partito possono aver ricavato da questa cognizione, qual'arma potentissima debba essere stata per essi la folgore per imporsi alle ignoranti moltitudini, per terrorizzarle, per mantenerle docili ed ubbidienti ai loro voleri. — La scrupolosa segretezza con la quale quei sacerdoti circondavano tutti i loro atti, non permise agli sguardi profani di iniziarsi in quei sacri misteri, perciò la storia della scienza non potè raccogliere alcun dato sicuro intorno all'estensione ed al vero valore delle cognizioni naturali possedute dai sacerdoti dell'antichità; in mancanza di dati certi si possono unicamente formulare in argomento induzioni più o meno ardite, basandole sopra alcuni passi, non abbastanza chiari, di antichi scrittori. Senza entrare in minuti particolari, che qui sarebbero fuori di luogo, ci limiteremo a corroborare il nostro discorso, accennandone alcuni fra i più importanti.

Servio, scrittore latino, che viveva ai tempi di Teodosio il giovane, interpretando Esiodo ed Eschilo, asserisce che Prometeo conosceva il mezzo per far scendere il fuoco dal cielo, e che per tal modo ei poneva il fuoco agli olocasti ch'egli offriva a Dio.

Una tradizione, ripetuta da parecchi scrittori dell'antichità, attribuisce a Zoroastro, celebre filosofo, fondatore della religione dei Magi, adoratori del fuoco, la virtù di attirare, a suo talento, la folgore celeste; vuoi che per tal modo egli abbia potuto operare i primi miracoli destinati a provare la sua missione profetica. La tradizione racconta che Zoroastro si valse del fulmine per accendere il fuoco sacro ch'ei presentò poi all'adorazione dei suoi seguaci.

Quando, assediato nella capitale del suo reame, dal numeroso esercito di Nino re degli Assiri, Zoroastro vide inutile ogni ulterior resistenza, ei preferì darsi la morte, anziché cadere nelle mani del vincitore; a confermare maggiormente la sua divina missione di fondatore del culto del fuoco, ei pose fine ai suoi giorni attirando sul proprio capo la folgore celeste.

Dagli scritti di Ovidio risulterebbe che Numa, secondo re di Roma, apprese, dai sacerdoti etruschi, il segreto di attirare la folgore, e siccome — così scrisse Ovidio — Numa impiegava questo segreto per solo servizio degli dei, così questi gli permisero di usarne impunemente. — Plinio e Tito Livio narrano entrambi che Tullio, sfoggiando le memorie lasciate dal suo predecessore Numa, rinvenne l'importante segreto, e che perì colpito dal fulmine per aver mancato di precauzione nell'eseguire la cerimonia, mercè la quale Numa obbligava la folgore a scendere dal cielo.

Alcuni importanti fenomeni elettrici di natura congenere al fulmine furono ripetutamente osservati in tutte le età; l'analisi e lo studio dei medesimi avrebbe potuto mettere gli studiosi sulla buona via ed avrebbe quindi servito a collegare i singoli fenomeni, a rinvenirne la spiegazione; ma i popoli dell'antichità, come giustamente osserva il Figuler, possedevano un comodissimo mezzo per togliersi l'imbarazzo di dover spiegare un fenomeno fisico: lo si metteva nel novero dei miracoli, e così cessava tosto il bisogno di ulterior esame.

Numerosissimi sono i fenomeni elettrici ricordati dalla storia; qui ne riferiremo alcuni fra i più singolari.

Il cavallo montato da Tiberio nella giornata di Rodi scintillava sotto la mano che lo strofinava. Il padre di Teodorico, ed altri personaggi, osservarono lo stesso fenomeno sul proprio corpo. — Seneca narra nelle sue *Questioni naturali*

che, mentre Gilippo recavasi a Siracusa, si vide una fiamma sulla sua lancia. — Lo storico Procopio riferisce che Belisario fu favorito dal cielo con una fiamma consimile durante la guerra contro i Vandali. — Tito Livio parla d'un giavelotto che gettò fiamme per ben due ore senza che quel fuoco lo consumasse. — Plutarco racconta nella *Vita di Lisandro* che le picche di alcuni soldati in Sicilia ed un bastone impugnato da un cavaliere in Sardegna sembrarono infiammati. — Plinio osservò lo stesso fenomeno sulle sentinelle notturne, poste a guardia dei bastioni, ed aggiunge che quelle fiamme erano ritenute come un favorevole presagio. — Cesare narrò ne' suoi *Commentarii* che durante un temporale scoppiato una notte, mentre i soldati erano in marcia, le punte delle picche della quinta legione sembravano in fiamme.

Due illustri naturalisti italiani del XV secolo, Aldobrando di Bologna e Barbaro di Venezia, riferiscono d'aver talvolta osservati, a considerevoli altezze, dei corvi che all'approssimarsi di una procella gettavano luce dal becco; fu poi notato saviamente che forse un'osservazione consimile valse all'aquila il titolo di *ministra della folgore*.

Singularissimo è un fatto esposto dal dottor Bianchini in una lettera ch'egli indirizzò nel 1758 all'Accademia delle Scienze a Parigi: Su uno dei bastioni del castello di Duino, in riva all'Adriatico, nel golfo di Trieste, già da tempo immemorabile, stava piantata verticalmente una picca. Quando sembrava approssimarsi un temporale, il soldato di guardia sul bastione accostava il ferro d'un'alabarda alla punta della picca. Se il ferro scintillava, il soldato suonava alla distesa una campana d'allarme; questa preveniva i contadini che lavoravano nei campi e i pescatori che tenevano il mare, dell'approssimarsi della bufera; al suono della campana tutti affrettavansi a mettersi al coperto. Questi fatti, queste osservazioni erano semplice oggetto di curiosità; suscitavano soltanto una sterile meraviglia ed alimentavano i pregiudizi, le superstizioni; la scienza ufficiale era la teologia; chi avrebbe analizzate le manifestazioni della collera divina! chi avrebbe osato indagare pubblicamente il mistero del fuoco celeste!

Quando l'Europa conobbe la polvere da cannone, si credette poter stabilire una vaga analogia fra lo scoppio prodotto da quel miscuglio e lo scoppio del fulmine. Grazie a quest'apparente analogia, i primi conquistatori europei ter-

rorizzarono facilmente i selvaggi americani, che vedevano il fulmine ed udivano il tuono uscire dalle armi degli uomini bianchi, che perciò furono creduti esseri superiori, semi-del.

Ma da quella vaga analogia ad una spiegazione un po' ragionevole del fenomeno ci corre di molto, e bisogna saltare di più pari fino al XVII secolo per trovare la prima traccia di una teoria sulle cause generatrici del fulmine. Il celebre Cartesio, da noi già menzionato un'altra volta (1), ne fu l'autore, ma il suo genio non valse ad indicargli la verità. *Cartesio* attribuiva lo sviluppo di calore e di luce, e la detonazione della folgore alla compressione violenta dell'aria fra le nubi cadenti l'una sull'altra. Ma perchè poi queste nubi si cadessero addosso, egli non lo sapeva dire.

Dopo di lui *Boerhave*, celebre medico olandese, immaginò una nuova teoria, erronea non meno della precedente. Ei diceva che il sole infiamma tutte le esalazioni sulfuree, grasse ed oleose delle quali l'aria è sempre molto carica, durante i grandi calori.

Primo ad intravedere almeno lontanamente la verità, fu il fisico inglese dottor Wall, il quale nel 1708 riconobbe che « la luce ed il romore prodotto dai corpi elettrizzati sembra, *fino ad un certo punto*, rappresentare il lampo ed il tuono. » Nel 1735 Stefano Grey scriveva: « È probabile che col tempo si troverà il mezzo di concentrare più abbondante quantità di fuoco elettrico e di aumentare la forza di un agente che in base a parecchie mie esperienze — se è permesso comparare le cose grandi alle piccole — sembra essere della stessa natura del lampo e del tuono. »

Il fisico francese Nollet, che molto contribuì ai progressi della fisica, specialmente nel campo dell'elettricità, dichiarava, nel 1746, che il fulmine nelle mani della natura è paragonabile all'elettricità nelle mani dei fisici. Tuttavia mancava ancora la sanzione dell'esperienza, questa si ottenne solo nel 1752, grazie al genio dell'illustre Franklin. — Prima di riferirvi le indagini e le scoperte elettriche di Franklin, crediamo opportuno narrarvene brevemente la vita.

II.

VITA DI BENIAMINO FRANKLIN.

Infanzia di Franklin; frequenta la scuola solo pochi mesi; aiuta il padre nella fabbrica di candele; entra come apprendista nella tipografia del fratello. — Amore di Franklin per le buone letture; economizza nel vitto per comperar libri; studia mentre gli altri riposano; suo parlare saggio e modesto; primi suoi scritti in poesia ed in prosa; maltrattamenti del fratello; un primo *errata*.

Beniamino Franklin è un luminoso esempio di quanto possano l'onestà, l'amore al lavoro, l'economia. Franklin nacque povero, non ereditò nulla da' suoi genitori, el solo fu l'artefice della sua fortuna; pur attendendo con ogni cura a' suoi affari particolari ei trovò il tempo di acquistare svariatissime cognizioni, di eseguire importantissime esperienze; immortalò il suo nome con fecondissime scoperte scientifiche, con utilissime istituzioni sociali, contribuì in particolar modo a liberare la sua patria dal giogo straniero; morì milionario e rappresentante dello Stato di Pennsylvania dopo d'essere stato ministro plenipotenziario degli Stati Uniti presso la Corte di Francia; la sua morte fu un lutto pubblico per tutta l'umanità che aveva ampiamente apprezzate le virtù ed il genio del suo benefattore.

Nel 1682, un inglese, per nome Giosia Franklin,

(1) Vedi Vol. II, pag. 33.

del villaggio di Eaton nella contea di Northampton, emigrava a Boston nell'America settentrionale per sottrarsi a persecuzioni religiose; egli ebbe diciassette figli, il minore dei quali, nato il 17 gennaio 1706, fu detto Beniamino. Giosia ritraeva scarso sostentamento per sé e la famiglia da una mediocre fabbrica di candele e saponi, tuttavia riconoscendo uno svegliato ingegno nel minore de' suoi figli, volle destinarlo allo stato ecclesiastico, perciò ad otto anni Beniamino fu mandato a scuola; il giovanetto mostrò tosto che i pronostici paterni non erano fallaci.

La condizione poco florida della famiglia non permise al padre di sostenere a lungo la spesa di quell'educazione, perciò prima che fosse trascorso un anno ritirò il fanciullo dal collegio e lo mandò ad una scuola di calligrafia ed aritmetica; Beniamino acquistò in breve una bella scrittura, ma fece pochi progressi nell'aritmetica.

Quand'ebbe raggiunti i dieci anni, il padre volle averlo presso di sé per ottenerne qualche aiuto nella fabbrica. « Io ebbi adunque, narra Franklin nella sua vita (1), a tagliare stoppini, riempir forme di candeie, attendere alla bottega, portar ambasciate, ecc.

« Questa occupazione non mi garbava punto, e mi sentiva invece fortemente inclinato a quella del marinaio; ma il babbo non volle acconsentirmi. Ciò nullameno la vicinanza del mare mi dava spesso occasione di avventurarmivi e dentro e sopra: e in breve imparai a nuotare ed a governare un battello. Quando m'imbarcava con altri ragazzi, venivami comunemente affidato il timone, soprattutto nelle occasioni difficili; e in tutte le nostre imprese io era quasi sempre quello che capitava la brigata, e la metteva talvolta in brutti impicci. »

Questa superiorità sugli altri fanciulli, che doveva poi tradursi in superiorità sugli altri nomi, Franklin la doveva alle continue cure del padre, uomo probo e di retto sentire che cercava in ogni modo di trasfondere queste qualità ne' suoi figli: « Piacevagli di avere alla sua mensa, il più spesso che poteva, degli uomini di qualche merito per ragionare con loro; e procurava sempre di far cadere il discorso intorno a qualche argomento utile, ingegnoso ed atto ad arricchire la mente de' suoi figliuoli. Con siffatto mezzoolgeva per tempo la nostra attenzione a ciò che è giusto, prudente e vantaggioso nella condotta delle vite. Punto o poco vi si parlava delle vivande che venivano in tavola, non si avvertiva gran ché se erano bene o mai cucinate, se della stagione o no, se erano di buon gusto e preferibili o inferiori a tal altro cibo dello stesso genere. »

Fino alla fanciullezza egli amava la lettura ed ogni solluzzio che aveva lo spendeva in libri; i pochi volumi che formavano la libreria della famiglia furono tutti letti avidamente da Beniamino. Avvertito l'intenso amore che suo figlio portava alla lettura, il padre si determinò di farne un tipo-grafo, professione alla quale era già avviato altro de' suoi figli; a dodici anni Beniamino entrò come apprendista nella tipografia di suo fratello.

(1) I vari brani che qui trascriviamo, sono tratti dalla autobiografia lasciata da Franklin, aereo volume che ci permettiamo di calorosamente raccomandare ai nostri lettori; le citazioni da noi riferite sono ricavate dalla traduzione fatta dal signor P. Borroni, pubblicata a Firenze nel 1869, dall'editore G. Barbèra.

« In breve tempo feci notevole progresso in quest'arte e divenni utilissimo al fratello. Ebbi allora opportunità di procacciarmi libri migliori; e la conoscenza che feci dei garzoni del librai mi rese possibile di avere in prestito di quando in quando alcuni volumi, che restituii puntualmente, senza guasti e puliti. Quante volte mi è accaduto di passare la più gran parte della notte a leggere accanto al mio letto, quando un libro mi era stato prestato alla sera e dovevo restituirlo il mattino di poi; per tema che se ne vedesse la mancanza oppure fosse ricercato!

« Non andò molto che un signore assai colto, il quale aveva una cospicua collezione di libri e frequentava la nostra stamperia, si accorse della mia indole, ed invitatomi a visitare la sua biblioteca, ebbe la compiacenza di prestarmi tutti i libri ch'io desiderava leggere. Presi fuoco per la poesia e scrissi varie cosarelle in verso.

« Il tempo che impiegava in questi esercizi e nella lettura era la sera dopo il lavoro della giornata, il mattino prima che il lavoro incominciasse e la domenica quando poteva passarla tutto solo nella stamperia.

« Aveva circa sedici anni, quando lessi per caso un'opera di Tryon che raccomandava il cibarsi di vegetali; ed io risolvetti di così fare. Mio fratello si era posto a dozzina co' suoi lavoranti apprendisti presso uno del vicinato. Il partito da me preso di astenermi dalle carni dava noia agli altri commensali, dai quali era spesso rimbrottato per la mia singolarità. Ciò vedendo, m'informai del modo con cui Tryon preparava i suoi pasti, dopo di che dissi a mio fratello, che se acconsentiva darmi ogni settimana la metà di quanto egli pagava per la mia dozzina, io stesso avrei pensato al mio vitto. Ne fui contento, e io presto seppi anche risparmiare la metà di quanto mi dava.

« Questa economia mi accrebbe i mezzi di acquistare libri, e mi procurò eziandio altri vantaggi. Quando mio fratello ed i suoi operai uscivano dalla stamperia per andare a desinare, io vi rimanevo, e dopo aver fatto il mio pasto frugale, impiegava nello studio tutto il tempo che mi restava fino al loro ritorno, e i miei progressi erano proporzionati a quella chiarezza di idee, e quella prontezza di concepimento, che sono il frutto della temperanza nel bere e nel mangiare.

« Fu a quest'epoca che, avendo un giorno dovuto arrossire della mia ignoranza nel far di conto, comperai un *Trattato di Aritmetica* e lo

appresi da solo colla più grande facilità. » Nel tempo stesso Franklin attendeva a formarsi e perfezionarsi lo stile, studiava retorica e logica ed acquistava non comune abilità nell'esporre i suoi pensieri, in modo ordinato, conciso e chiaro; con ottimo consiglio, che tutti dovrebbero seguire, egli parlava ognora con modesta diffidenza, quando una proposizione poteva essere impugnata ei non impiegava mai le parole *certamente, indubbiamente*, od altre consimili che danno un'aria dogmatica alle opinioni, ei diceva invece: *imagino, suppongo, mi sembra che questa cosa sia così per tale o tal altro motivo*. « Poichè si conversa allo scopo di *istruirsi o d'istruire altrui*, di *piacere o di persuadere*; se volete istruire, un tuono dogmatico e affermativo nell'esprimere la vostra opinione è sempre causa che altri cerchi di contraddirvi, e che non siete ascoltato con attenzione, mentre d'altra parte, se, desiderando voi di essere istruito e di approfittare delle altrui cognizioni, vi esprimete in guisa da mostrarvi fisso, irremovibile nelle vostre idee, gli uomini modesti e giudiziosi, ai quali non garba il disputare, vi lasceranno senza inquietarsi nei vostri errori. Seguendo un tal metodo, rare volte vi accadrà di piacere agli uditori, di conciliarvi la loro benevolenza e di convincer quelli che vorreste far entrare nelle vostre vedute. »

Merita d'essere riferito il primo saggio che Franklin fece del proprio sapere. Intorno al 1720 suo fratello incominciò a stampare una gazzetta, era la seconda che compariva in America; la redazione della medesima attirava nella tipografia molte persone di merito; il giovane Beniamino, che ascoltava avidamente i loro discorsi, provò il desiderio di scrivere anch'egli qualche articolo pel giornale, ma temendo che il fratello si rifiutasse di inserirlo nelle gazzette, compose uno scritto anonimo, contraffecce la scrittura e l'introdusse verso sera sotto l'ascio della stamperia. Il fratello mostrò l'articolo ai redattori i quali lo approvarono, e congelando sul probabile autore no-

minarono soltanto persone che in paese godevano qualche fama di dottrina e d'ingegno. Incoraggiato dal buon esito il giovenetto scrisse e trasmise allo stesso modo molti altri lavoretti, che furono del pari approvati. Ei serbò il segreto finchè ebbe quasi esaurito in quei scritti il suo capitale di cognizioni, allora ei si fece conoscere, da quel giorno i redattori ebbero qualche maggior considerazione pel giovane apprendista ch'essi avevano più volte osservato silenziosamente sorridere od approvare le loro discussioni, ma non ne fu contento il fratello che temeva che questi primi trionfi inavvissero il precoce scrittore; da allora il fratello maggiore incominciò a maltrattare crudelmente il giovenetto, questo trattamento duro e tirannico impresso nell'animo di Beniamino la più profonda avversione al potere arbitrario.

Di lì a qualche tempo un articolo inserito nella gazzetta offese gravemente il Governo, questi proibì al tipografo di continuare la pubblicazione di quel foglio, per eludere questa prescrizione il fratello lo stampò d'allora in poi col nome di *Beniamino Franklin* e per evitare la censura del Governo che poteva accusarlo di esserne egli ancora l'editore sotto il nome del suo apprendista, dichiarò sciolto quest'ultimo da ogni ulterior obbligo di servizio, ma nel tempo stesso gli fece firmare un nuovo contratto, che doveva rimanere segreto, in forza del quale Beniamino doveva rimanere apprendista e prestare i suoi servizi fino allo spirare del periodo prestabilito. « Finalmente nel 1723, scrive Franklin, essendo nata una nuova contesa tra me e il fratello, mi avventurai al partito di giovarmi della mia libertà; presumendo che non si oserebbe far valere pubblicamente il secondo contratto. Non era cosa molto onorevole quella che io faceva, e cosa invero simile azione come uno dei primi *errata* della mia vita; ma io ero in allora poco capace di farne giudizio, esserchato dai mali trattamenti inflittimi da mio fratello. »

III.

Non trovando più lavoro a Boston, Franklin si reca a Filadelfia; è impiegato in una tipografia; è favorevolmente conosciuto; lusinga prodigiatigli dal governatore. — Franklin si reca a Londra e non vi trova i sperati appoggi; lavora da tipografo; giova a' suoi compagni col consiglio e l'esempio; legge i migliori libri. — Ritorna a Filadelfia, effimera prosperità; si dà nuovamente alla tipografia; sua straordinaria abilità; fonda una tipografia; è infaticabile al lavoro. — Come Franklin stabilì il suo credito e la sua reputazione.

La punizione non si fece aspettare, perchè il fratello prevenne tutti i tipografi di Boston, i quali, pur conoscendo la non comune abilità di Beniamino, non vollero dargli lavoro. Costretto ad emigrare, vende parte de' suoi libri per avere qualche denaro; si reca di soppiatto a bordo d'una scialuppa che parte per Nuova-York. quasi trecento miglia lontano della sua casa; appena sceso a terra cerca d'un tipografo al quale offre i suoi servigi, questi non può impiegarlo e gli suggerisce di recarsi a Filadelfia; erano altre cento miglia di viaggio, ma Franklin non si sgomenta, trova una barca che parte a quella volta, vi sale, e dopo un viaggio burrascoso arriva nella capitale della Pensilvania.

Filadelfia contava allora due tipografie; Franklin picchiò ad entrambe: nella prima non si aveva bisogno di operai, nella seconda ci poté finalmente essere impiegato. Lavorando assiduamente ei guadagnava il bisognevole, e grazie alla sua frugalità poté anche realizzare qualche risparmio. Le sue buone qualità furono in breve apprezzate, poté stringere conoscenza con giovani studiosi e passare con essi utilmente le sue serate.

Il governatore della provincia, nome buono ma leggero quanto mai, sempre pronto ad offrire, a parole, la sua protezione, avendo udito discorrere il giovane tipografo di Boston, ne acquistò subito molta stima, gli offerse la direzione d'una tipografia ch'ei voleva stabilire a Filadelfia per proprio conto, e gli propose di mandarlo in Inghilterra per acquistarvi tutti i materiali all'uopo necessari. Franklin, che non domandava di meglio, accettò; allora il governatore che forse si aspettava un rifiuto e aveva parlato unicamente per la smania di mostrarsi potente e generoso, non volle indietreggiare e preferì ingannare vivamente il povero giovane pur mostrando di volerlo proteggere. Continuò ad essergli largo di promesse; finalmente, giunto l'istante in cui Franklin doveva partire (ottobre 1724) il governatore, asserendo di essere sovraccarico d'occupazioni non si lasciò vedere e si limitò a far tenere a Franklin

alcune lettere chiuse per Londra, che questi ritenne fossero altrettante commendatizie relative all'acquisto della tipografia. Quel non fu il suo dolore quando, presentandole ai destinatari, ei dovette convincersi che il governatore si era preso spasso della sua credulità!

Eccolo ancora una volta in mezzo ad un mondo nuovo per lui, senza credito, senza relazioni, con pochissimo denaro. Per colmo di sventura, un amico lo aveva seguito e costui, mediocre poeta, non trovando di che vivere, rimase lungo tempo a suo carico. Franklin trovò impiego in una tipografia, ove grazie alla sua assiduità, al suo amore al lavoro, alla prestanza straordinaria con la quale ei componeva, acquistò la stima del padrone e vide migliorarsi grado grado la propria posizione. Sebbene dapprincipio i suoi camerati lo schernissero per la sua sobrietà e pel suo retto pensare, intatta l'influenza dell'esempio e dei suoi saggi discorsi non tardò a farsi sentire e molti di essi appresero da lui la sobrietà, l'economia, l'ordine, l'amore al lavoro. Nel frattempo ei continuava ad arricchire la sua mente con utili cognizioni, cercando la conversazione di persone colte e leggendo i migliori libri ch'ei poteva procurarsi.

Tuttavia il desiderio di far ritorno in America lo indusse a lasciar Londra e ad accettare la proposta che gli venne fatta di entrare come commesso presso un negoziante che andava a stabilirsi a Filadelfia.

Franklin lasciò l'Inghilterra nel luglio 1726, giunse a Filadelfia nel successivo ottobre e tosto si dedicò con l'abitudine sua attività al buon andamento del commercio del suo principale, il quale lo trattava con paterno affetto; per mala sorte, pochi mesi dopo il principale infermò e morì, e Franklin si trovò di bel nuovo abbandonato a sé stesso. Riuscitogli infruttuoso ogni tentativo per impiegarsi presso qualche mercante, dovette acconciarsi nuovamente come tipografo. La stamperia ove ei lavorava, difettava di caratteri, nè vi era in America chi sapesse fonderne,

Franklin, che aveva osservato il metodo seguito a Londra per la fusione dei caratteri, volle provarvisi e vi riuscì. Non solo ei non rifiutava i lavori che gli venivano affidati, ma se ne addossava sempre di nuovi pel miglior andamento della stamperia; all'occorrenza incideva fregi, faceva incbostro, badava ai magazzini. — Il Governo d'una vicina provincia doveva far stampare dei biglietti di bans, per i quali abbisognavano caratteri ed intagli particolari, Franklin solo fu capace di eseguirli e di costruire un torchio da calcografo, il primo che si vedesse in paese; in vista dell'abilità in ciò dimostrata gli fu pure affidato l'incarico di stampare i biglietti. Quest'operazione delicatissima doveva essere continuamente invigilata dai rappresentanti del Governo, i quali ebbero così occasione di conversare a lungo con Franklin; giustamente apprezzandone le belle doti, lo invitarono a frequentare le loro case, lo presentarono ai loro amici, lo trattarono con somma cortesia.

Compiuto quel lavoro, uno de' suoi colleghi tipografi, figlio di ricchi genitori, gli propose di fondare una stamperia, a mise a sua disposizione i necessari capitali; Franklin accolse con somma gioia questa proposta ed eccolo finalmente padrone d'una tipografia; però ei non si addormentò sugli allori, ei non volle darsi anzitempo al riposo; continuò a lavorare con infaticabile ardore ed a vivere con la massima semplicità; egli era sempre il primo a mettersi al lavoro, l'ultimo ad

abbandonarlo. Aprse poi anche una bottega da cartolaio, nella quale ei vendeva moduli stampati, specialmente per uso del commercio, le più nitide e corrette che si fossero fino allora vedute in America. — Per stabilire il suo credito e la sua reputazione come negoziante ei procurava non solo di essere realmente laborioso e frugale, ma non trascurava altresì di mostrarsi tale. Vestiva semplicemente, non frequentava alcun pubblico divertimento, ei non si permetteva alcun passatempo, e se eccezionalmente abbandonava per qualche ora il lavoro, era unicamente per istruirsi con qualche buona lettura; e per mostrare ch'ei non si considerava da più di quello che era, non sdegnava neppure di tirare lui stesso il carretto carico delle carte da lui comperate nei magazzini.

Grazie a queste rare virtù, alla scrupolosa sua onestà, all'ordine, alla precisione, alla sollecitudine con la quale ei disimpegnava le commissioni che gli venivano affidate, il suo commercio prosperava continuamente ed ei cresceva tutti i giorni nella stima de' suoi concittadini.

Nel 1730 sposò la signorina Read, da lui conosciuta ed amata fino dall'epoca del suo primo soggiorno a Filadelfia; questa fu per lui una buona e fedele compagna e contribuì non poco al lieto successo de' suoi negozi. « Prosperammo insieme, disse Franklin nella sua vita, di continuo intenti a renderci mutuamente felici. »

IV.

Utili e filantropiche istituzioni fondate da Franklin. — *L'almanacco del Povero Riccardo.* — Franklin si occupa di pubblici affari: riorganizza la guardia cittadina; fonda l'Unione contro gli incendi; inventa i caminetti che ora portano il suo nome e filantropicamente rinuncia il brevetto offertogli dal governatore; promuove la fondazione d'una milizia volontaria a cooperare alla difesa del paese; fonda l'Accademia e l'Ospedale di Filadelfia.

Non appena l'agiatezza gli permise di lavorare con minor ardore per proprio conto, ei si occupò con infaticabile zelo per giovare a' suoi concittadini; fondò un giornale per trattarvi ampiamente d'ogni argomento atto ad aumentare il loro benessere, ad avviarli alla virtù; fondò un circolo i cui soci dovevansi scambievolmente istruire, ed obbligavansi a discutere d'argomenti di pubblica utilità; raccolse con sottoscrizioni i fondi necessari all'erezione d'una biblioteca popolare, la quale in pochi anni divenne floridissima e fu presa a modello per tutte le altre isti-

tuzioni consimili che poi sorsero nell'America settentrionale.

« Le obiezioni e le riluttanze, dice Franklin, affrontate sulle prime nel sollecitare le sottoscrizioni, mi fecero accorto che non conviene mai ad uno presentarsi come l'autore di un utile disegno ch'ei voglia promuovere, e che potrebbe credersi atto ad accrescere di alquanto la sua reputazione al di sopra di quella de' suoi vicini, dei quali avesse bisogno per eseguirlo. Io pertanto mi nascosi il più che fu possibile, a proponeva la cosa come pensiero di un crotchio di

amici, che avevano incaricato me di portarla attorno fra quelle persone che sapevano amanti della lettura. Per tal modo l'affare procedette meglio, e quindi in poi tenni sempre l'occasione questa via; e, per la molta esperienza fattane, assai la raccomando. »

Nel 1732 si cominciò a pubblicare un *Almanacco* popolare che fu detto *del povero Riccardo* e lo continuò per venticinque anni, ponendovi ogni suo studio per renderlo ameno ed utile; se ne spacciavano annualmente ben diecimila esemplari. Franklin considerò giustamente che una pubblicazione tanto diffusa era un opportunissimo veicolo d'istruzione per il popolo e perciò non si stancò mai dall'inserire nel suo *Almanacco* i più saggi consigli, inculcando in ogni maniera l'onestà, l'operosità e la frugalità.

Desideroso di leggere gli scritti originali dei migliori autori stranieri, egli cominciò nel 1733 a dedicarsi allo studio delle lingue. In breve — vedi tenacità di propositi — senza sussidio di maestri, apprese l'italiano, lo spagnolo, il francese ed il latino.

Intorno al 1737 si rivolse i suoi pensieri anche ai pubblici affari: la guardia cittadina di Filadelfia, male organizzata, prestava pessimo servizio; Franklin tanto scrisse e parlò su quest'argomento che finalmente in capo ad alcuni anni quella guardia fu completamente riorganizzata sulle basi da lui proposte. La città, sebbene in gran parte con case di legno, non possedeva alcuna istituzione contro gli incendi; Franklin stampò una memoria intorno agli accidenti ed alle negligenze che davano origine agli incendi, ed intorno ai mezzi che si reputavano necessari per combatterli. Dopo d'aver così predisposta l'opinione pubblica, ei non ebbe pace finché non gli fu possibile di riunire a quello scopo una compagnia di cittadini; ciascuno di questi, impegnandosi a cooperare nel miglior modo, la caso d'incendio, contribuiva alle spese per l'acquisto di pompe, secchie ed altri utensili; la compagnia, della quale, già s'intende, Franklin faceva parte, si radunava una volta al mese per discorrere dello scopo dell'istituzione e per scambiare quelle idee che potevano contribuire al di lei miglior andamento. — L'utilità dell'istituzione fu ben presto apprezzata da tutti gli abitanti di Filadelfia, i quali animati dall'esempio, accorsero volentieri per ampliarla e renderla ognor più efficace.

Franklin che dedicava ognora allo studio ed

alle utili esperienze tutto il tempo che gli rimaneva disponibile, inventò, nel 1742, quell'ingegnoso apparecchio di riscaldamento che ormai, generalmente diffuso, è ovunque conosciuto col simpatico nome dell'inventore, ei ne donò il modello ad un suo amico proprietario d'una fonderia di ferro, questi realizzò dei bei guadagni preparando le lastre metalliche necessarie per quei caloriferi i quali ebbero tosto gran voga. Per promoverla ancor maggiormente, sebbene ei non vi avesse alcun interesse personale e fosse a ciò spinto dal solo desiderio di giovare ai suoi simili, Franklin pubblicò altresì un libretto ch'egli intitolò: *Descrizione dei caminetti pensili, stoffi di fresco inventati; ove è partitamente spiegata la loro costruzione ed il modo di agire; e dimostrane la superiorità a paragone di ogni altro metodo di scaldare stanze.* Il libretto fece buona impressione, ed il governatore della provincia offerse a Franklin un brevetto di privativa per affidare a lui solo la vendita di quei caminetti per un certo numero d'anni. Ma egli declinò questo favore dicendo: « *Sticcome le invenzioni altrui ci apportano grandi comodità, così noi dobbiamo essere ben contenti quando ci venga fatto di poter servire noi pure gli altri, con qualche nostro bel trovato, e lo dobbiamo fare liberamente, generosamente.* »

Questo nobile sentire guidò Franklin, come diremo a suo tempo, a studiare giudiziosamente i fenomeni elettrici e ad istituire quelle importantissime esperienze che fruttarono all'umanità la benefica invenzione del *parafulmine*.

Franklin lamentava due gravi difetti nella sua patria adottiva, l'incompleta educazione della gioventù e la mancanza di difesa contro i nemici esterni; non v'eran collegi, non v'era milizia. Per tal motivo egli pubblicò nel 1743 due sue proposte; nella prima egli suggeriva di fondere in Filadelfia un'accademia scientifica, nell'altra rammentava i pericoli ai quali trovavasi esposta la Pensilvania per la guerra che allora si combatteva nelle vicinanze fra inglesi-Spagnoli e Francesi, e quindi proponeva ai cittadini di riunirsi, addestrarsi nel maneggio delle armi e provvedere alla difesa del paese. L'opuscolo pubblicato in tale incontro da Franklin fu accolto con vero entusiasmo; vivamente stimolato da' suoi concittadini, ei stese allora il regolamento ed un piano definitivo per l'organizzazione della nuova milizia, ciò fatto invitò gli abitanti di Filadelfia ad una

adunanza nella quale essi intervennero numerosissimi. Franklin vi pronunciò una breve arringa, lesse il suo scritto, ne distribuí moltissime copie ed invitò gli aderenti a firmarlo. Scioltasi l'adunanza e raccolte le firme se ne rinvennero mille-duecento, ed in breve, essendo state spedite altre copie per la provincia, le firme superarono le diecimila. Tutti i firmatarii si provvidero colla maggior speditezza di armi, si formarono in compagnie e reggimenti, si scelsero gli ufficiali e settimanalmente si radunarono per gli esercizi. Gli ufficiali del reggimento di Filadelfia proclamarono Franklin a loro colonnello; ma quel grand'uomo non ambiva onori, desiderava soltanto il bene del paese; e perciò giudicandosi poco atto a dirigere la milizia, declinò l'onorevole incarico e suggerì agli ufficiali che in sua vece eleggessero un tale, perito di cose militari, il quale avrebbe certo giovato più efficacemente alla difesa del paese; quel tale fu eletto ed i fatti confermarono le previsioni di Franklin. Dopo d'aver creata la milizia, Franklin propose una lotteria col cui ricavo dovevasi fabbricare ed armare un fortino in difesa di Filadelfia, ed anche la lotteria ebbe buono e pronto effetto: il fortino fu in breve costruito ed armato con cannoni in parte acquistati, in parte somministrati dal governo mercè la valida interposizione di Franklin; e questi, finché durò la guerra, compì scrupolosamente tutti i suoi doveri da semplice soldato.

Rappacificatisi i belligeranti, cessò il bisogno della milizia volontaria e Franklin, che durante la guerra aveva dedicato ogni suo pensiero alla difesa del paese, tornò ad accarezzare il progetto di fondare in Filadelfia una scuola superiore per l'istruzione della gioventù; a tal fine pubblicò l'opuscolo: *Proposte relative all'educazione della gioventù nella Pensilvania*; e sebbene lui solo ne fosse l'autore pure, conformemente alla regola ch'ei si era prefissa, diceva nell'introduzione che

la proposta veniva fatta da *alcuni amici del bene pubblico*. Lo mandò gratuitamente ai principali abitanti, e quando giudicò fossero sufficientemente preparati da quella lettura, diede mano ad una sottoscrizione per fondere e mantenere una scuola superiore od accademia, e così ei poté in breve raccogliere cinque mila sterline (circa 125000 franchi); Franklin fu invitato dai sottoscrittori a compilare un regolamento pel governo della futura accademia; fatto il quale ed approvato, venne presa a pigione una casa che la contenesse, furono stipendiati maestri, e le classi si poterono aprire in quello stesso anno 1749; affluirono poi i doni dal governo e dai privati per aumentare la dotazione di quell'istituto che corrispose pienamente alle speranze del suo principal fondatore.

Troppo lungo sarebbe l'enumerare tutte le filantropiche istituzioni che sorsero per merito di Franklin, ci limiteremo ad accennarne ancor una che varrà a chiarire in quel conto ei fosse tenuto da' suoi concittadini. Nel 1751, un suo amico propose di fondare uno spedale in Filadelfia, la proposta non fu bene apprezzata dal pubblico, il promotore scoraggiato si rivolse a Franklin e gli chiese la sua cooperazione, dicendogli che aveva dovuto convincersi che non era possibile far adottare in Filadelfia alcuna proposta di pubblico bene se Franklin non l'appoggiava. Franklin esaminò il progetto dell'amico e riconoscetane l'utilità predispose le menti del pubblico scrivendo intorno all'argomento alcuni savili articoli nel giornale locale, inaugurò con la propria firma la lista delle sottoscrizioni e perorando la nobile causa in seno all'assemblea della Pensilvania ottenne dalla medesima un larghissimo sussidio. In breve, grazie all'intervento di Franklin, l'ammontare delle sottoscrizioni superò la somma necessaria, l'ospedale fu eretto e la istituzione chiarita poi utilissima dall'esperienza, non cessò mai di fiorire.

V.

Franklin è inviato a Londra per tutelarvi gli interessi dei coloni americani; sua abilità diplomatica; continua a dedicarsi allo studio; riceve diplomi dalle principali accademie scientifiche; ritorna per poco a Filadelfia e quindi nuovamente a Londra; tenta di impedire la guerra; ritorna in patria, detta la Costituzione della Pensilvania; è inviato ambasciatore alla Corte di Francia, sua dimora a Passy, alta stima dimostrataagli dai Francesi; ottiene il bramato aiuto dalla Francia; suo trionfale ritorno a Filadelfia, riconoscenza dimostratagli dagli Americani. — Ultimi anni di Franklin.

L'alta stima in cui Franklin era tenuto dalla cittadinanza di Filadelfia, lo chiamò a coprire contemporaneamente parecchie cariche; fu assessore

municipale, giudice di pace e deputato all'assemblea generale della Pensilvania. Quando poi incominciarono le lotte fra il parlamento inglese

ed i coloni americani che domandavano l'abolizione di certi ingiusti privilegi, Franklin fu incaricato di recarsi a Londra (1757) a rappresentarvi l'interesse dei coloni. Questi rimasero vincitori grazie all'abilità diplomatica spiegata in tale incontro dall'antico tipografo. El rimase in Inghilterra in qualità di agente diplomatico dello Stato di Pensilvania; eguale incarico gli fu di lì a non molto conferito dalle assemblee degli Stati di Massachusset, Georgia e Maryland, le quali avevano già avuto campo di apprezzare l'abilità, la rettitudine e le insigni virtù di Beniamino Franklin.

« Ma la diplomazia (1) non l'occupava così da fargli abbandonare i cari suoi studi ai quali egli aveva sempre trovato modo di dedicarsi; attivissime furono in Londra le sue esperienze, copiosissima la sua corrispondenza epistolare coi più cospicui scienziati d'Europa; i quali non meno dovettero meravigliare dell'acutezza del suo intelletto, che della semplice, casalinga espressione de' suoi pensieri; e più non v'ebbe accademia scientifica di qualche rinomanza, che non volesse onorarsi di averlo a membro; e le maggiori Università inglesi gli mandarono il diploma di dottore.

« Ei rimase in Inghilterra, per le faccende stategiche commesse dalle colonie, fino al 1762; di ritorno a Filadelfia, venne ringraziato da quell'Assemblea dei servigi resi alla provincia ed all'America tutta, ed ebbe altresì una remunerazione di tremila sterline. »

Qualche anno dopo Franklin dovette recarsi di bel nuovo a Londra chiamato dal governo per informarlo partitamente intorno alle disposizioni degli Americani che mostravano di non voler sottostare alle tasse esorbitanti ed arbitrarie ad essi imposte dall'Inghilterra la quale non voleva neppure riconoscere nei suoi sudditi d'oltre Atlantico il diritto di farsi rappresentare in Parlamento; frattanto aumentava il malcontento degli Americani, questi proclamarono la federazione degli Stati Uniti ed iniziarono la loro memoranda guerra dell'indipendenza.

« Mentre le ostilità erano nel loro primo periodo, Franklin si adoperò in Londra con tutto l'ardore affine di arrestarle e ricomporre gli animi, egli era troppo amico dell'umanità per poter vedere senza ribrezzo impugnate le armi, segnatamente da' popoli fratelli. Tentò più volte,

e per vie diverse, i ministri, ma sempre invano; pubblicò scritti che in quel bollire di passioni non furono attesi.

« Dimorò Franklin tuttavia qualche tempo ancora in Inghilterra, sempre con l'intento di scongiurare le ostilità, richiamando gli animi alla considerazione del vero; ma non era più fattibile, cosicché infine si determinò ad andarsene, per assistere energicamente, in età di settant'anni il suo paese sul campo stesso della lotta ch'ei non aveva potuto impedire; e vuolsi anche fosse indotto ad affrettare la partenza, dal sapersi minacciato di carcere. »

Rientrò a Filadelfia nel 1775; all'indomani del suo arrivo, l'Assemblea lo eleggeva ad unanimità suo delegato al Congresso delle tredici colonie dell'America settentrionale. Nel luglio dell'anno successivo, le colonie proclamarono la memoranda dichiarazione d'indipendenza e subito dopo la Pensilvania elesse una Costituente per stabilire la nuova forma di governo; Franklin, acclamato presidente, dettò quasi interamente la Costituzione che entrò in vigore in quello Stato.

« Ed ora incomincia un'altra cospicua fase della vita del grande cittadino. L'America, misurandosi colle forze inglesi, non poteva restar sola, e vide che dalla Francia unicamente eravi da sperare aiuto; per ottenere il quale facevale duopo di un uomo di provata accortezza e di tanta autorità morale, da aggiungere maggior prestigio anche alla più nobile causa che avesse patrocinata: facevale duopo, in una parola, del dottor Franklin; e infatti non è soverchio il dire, che senza di lui non tutti gli illustri volontari e non così prontamente le armi regie di Francia, le quali tanto contribuirono al trionfo d'America, si sarebbero mossi. Con voto unanime, ei fu eletto a portarsi in Francia quale commissario delle colonie insorte; ed egli, sebbene in quell'età che vuol riposo, non seppe rifiutarsi a così geloso incarico. Prima d'imbarcarsi ei diede altra solenne prova di patriottismo: mise a disposizione del Congresso americano tutta quella parte del suo patrimonio, della quale ei poteva far prestito, intorno a quattro mila sterline. »

Giunto in Francia, ei non volle subito darsi a conoscere come uomo pubblico, desiderando scandagliare prima le idee della Corte; fissò la sua dimora a Passy presso a Parigi. Ma la fama lo aveva preceduto; le sue scoperte scientifiche, le sue virtù cittadine erano già note ai francesi, e

(1) Vedi, il *Capitolo d'appendice*, nella già citata VITA di BENIAMINO FRANKLIN, Firenze, Barbèra, 1892.

tosto fecesi un gran parlare di lui e della causa ch'egli veniva a sostenere; si vide in ogni dove il suo ritratto, i più illustri personaggi andavano a gara per farne la personale conoscenza, i più aristocratici saloni di Parigi gli spalancarono le porte, tutti lo festeggiarono. La Corte di Francia dovette assecondare l'opinione pubblica, e finalmente al 6 febbraio 1778, grazie all'abilità diplomatica di Franklin, venne segnato quel trattato difensivo ed offensivo cogli Stati Uniti che decise delle sorti del coloni americani.

«Durante la guerra Franklin non cessò mai di affrettare la pace; ma la voleva senza che ne fosse menomata la dignità del suo paese; le più vecchie volpi della diplomazia videro sempre frustrate le loro arti dalla franca onestà dell'Americano.

«Finalmente questa pace dovette essere firmata; addì 3 settembre 1783 venne concluso il trattato, nel quale l'Inghilterra riconosceva solennemente l'indipendenza delle colonie americane.

«Il dottor Franklin continuò a soggiornare in Francia anche dopo la pace, quale ministro plenipotenziario della nuova repubblica; però nè gli affari, nè la vecchiezza non lo distolsero mai dagli studi fisici e morali, e sono opera di questi anni parecchi de' suoi *Scritti minori*, dove con lepore piacevolissimo sono dati insegnamenti preziosi ed inculcati i più sani principii.

«Ma i molti anni facevano sentire il loro peso sull'uomo illustre, il quale, desiderando morire in patria, pregò d'essere esonerato dalla carica, per potervi far ritorno: non l'ottenne però se non dopo replicate istanze; finalmente nel-

l'anno 1785 poté lasciare la Francia e far ritorno in America.

«L'entrata del dottore in Filadelfia fu un trionfo. Il popolo trasse incontro al sommo cittadino, e plaudendo lo portò alla sua casa, mentre campane e cannoni ne annunciavano il ritorno; indi gli piovvero le felicitazioni della milizia cittadina che egli aveva creata, dell'Università, della quale aveva poste le fondamenta, della Società filosofica che era opera sua; di quanti corpi morali

insomma aveva la Pensilvania, che tutti o gli dovevano l'esistenza o si gloriavano di averlo avuto a membro.

«Indi fu eletto presidente della Pensilvania e membro del Supremo Consiglio esecutivo di Filadelfia; e poco appresso, essendosi formate due Società filantropiche, l'una per introdurre benefici provvedimenti nelle prigioni, l'altra a favore dei negri, Franklin fu anche di queste il presidente. Uno degli ultimi suoi scritti è un'arguta confutazione degli argomenti che si usavano per ostacolare la vendita degli schiavi.

«Il male di pietra che da molto tempo lo affliggeva, lo confinò nel letto quasi per tutto l'ultimo anno della sua vita; amava pur sempre di leggere e di conversare piacevolmente cogli amici che lo visitavano, e si occupava ancora di faccende pubbliche, od anche di private a beneficio di persone che ne lo pregavano; e sempre faceva mostra non solo di quella prontezza e disposizione di giovare altrui, che fu il maggior distintivo del suo carattere, ma sì anche della piena e più chiara acutezza della sua mente privilegiata; a spesso anche scoccava di quelle arguzie

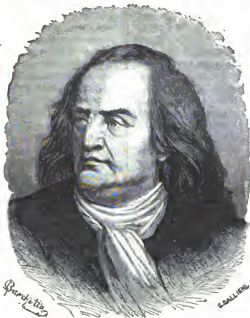


FIG. 68. BENIAMINO FRANKLIN.

e narrava di quegli aneddoti che sempre condirono di tanta amenità la sua conversazione. Aggravatosi improvvisamente il male, ei spirò addì 17 aprile 1790, chiudendo così una lunga ed utile vita di 84 anni e 3 mesi (1).

« Per questa morte il Congresso americano intimò lutto di un mese agli Stati; e in Francia l'Assemblea Costituente intimò lutto di tre giorni a tutti i suoi membri. »

VI.

Prime esperienze elettriche eseguite da Franklin nel 1746; sue lettere scientifiche a Collinson; identità del fulmine e dell'elettricità; proprietà delle punte. — Esperienza decisiva proposta da Franklin, eseguita da Dalibard e Buffon. Le esperienze elettriche di G. B. Beccaria. — Morte del *Disco Richmann*.

Nel 1746, trovandosi di passaggio a Boston, Franklin vi conobbe un dottor Spence, che lo invitò ad assistere ad alcuni esperimenti elettrici. « Non furono troppo bene eseguiti, racconta Franklin, ma, nuovi affatto per me, mi sorpresero e dilettarono grandemente. Di poi, non appena fui ritornato a Filadelfia, avvenne che la nostra Biblioteca ricevesse in dono dal signor P. Collinson, della Società reale di Londra, una macchina elettrica, con qualche istruzione sul modo di servirsene. Io colsi con ardore questa occasione per ripetere ciò che m'era stato mostrato a Boston; e divenuto molto abile, fui presto in grado di fare anche altri esperimenti, di cui riceveva notizia dall'Inghilterra, non che dei nuovi da me pensati. Aveva acquistato pratica con la gente che traeva alla mia casa, curiosa di vedere queste elettriche meraviglie.

« Per scemare poi questa folla che mi si faceva intorno, e spartirla cogli amici miei, procurai che nella nostra fabbrica di vetri venissero fatti alcuni altri tubi da macchine elettriche, e li distribuii fra quelli che sapeva capaci di servirsene; di modo che si ebbero in breve molti sperimentatori. Il più abile di questi fu il signor Kinnersley, un mio vicino, uomo d'ingegno, al quale, poichè s'era ritirato dagli affari, io per-

suasi che si facesse pagare per la dimostrazione de' suoi esperimenti; e stesi per lui due lezioni, nelle quali erano ordinati gli esperimenti per modo, e metodicamente dimostrati, che i precedenti sempre facilitassero l'intendere i seguenti. Egli si fece fare per questo proposito un elegante apparato, nel quale tutte le macchinette ch'io aveva rozzamente fabbricate per mio uso, erano state assai bene rifatte da esperti operai. Alle sue lezioni accorsero molti, e ne ebbero gran piacere; e dopo qualche tempo egli volle anche girare per le Colonie, e ripeterle in ogni capoluogo.

« Volendosi poi significare al signor Collinson la nostra riconoscenza per il suo dono, a me parve una buona maniera quello d'informarlo dell'uso che ne avevamo fatto; e gli mandai varie mie lettere, ov'erano descritti i nostri esperimenti. Egli volle leggerle alla Società reale, ma non vi furono sulle prime giudicate degne di far parte delle *Transactions* (nome che si dà alle *Memorie* della Società reale di Londra). Anzi una mia nota sulla identità del fulmine e dell'elettrico, che aveva scritta pel signor Kinnersley, e che mandai all'amico mio dottor Mitchell, membro della Società reale, letta in una delle adunanze di questa, fu, dagli uomini che si credevano intendenti, trovata ridicola. » La lettera di Franklin al dottor Mitchell porta la data del 29 luglio 1750; in essa egli enumera parecchie importanti analogie da lui riscontrate fra la folgore e l'elettricità, rammenta che il fulmine si scaglia di preferenza sugli oggetti più alti ed acuminati, sulle alte montagne, sulle torri, sui campanili, sugli alberi, ecc., ed espone una sua ipotesi: che un'asta di ferro, acuminata, innalzata nell'atmosfera e comunicante col suolo mercè un conduttore metallico, riescirebbe forse a sottrarre l'elettricità dalle nubi temporalesche ed a scari-

(1) « Già da parecchi anni Franklin si era preparato pel sepolcro la seguente iscrizione, dove il suo consueto umore trovò ancora modo di esprimersi:

IL CORPO
DI
BENIAMINO FRANKLIN
TIPOGRAFO
COME LA COPERTURA DI UN VECCHIO LIBRO
CHE HA PERDUTO I FOGLI
LE DORATURE E IL TITOLO,
QUI GIACE PASTURA DI VERMI;
TUTTAVIA L'OPERA NON ANDRÀ PERDUTA,
GIACCHÉ, COM'EGLI SEMPRE CREDETTA,
RICOMPARIRÀ IN NUOVO
IN ALTRA E MOLTO MIGLIORE EDIZIONE
CORRETTA ED EMENDATA
DALL'AUTORE.

carla silenziosamente nella Terra, lì che impedirebbe lo scoppio del fulmine.

Franklin formulò quest'ipotesi in seguito alle molteplici ed ingegnose esperienze da lui eseguite con la macchina elettrica; queste gli rivelarono la singolare *proprietà delle punte* (da noi già accennata a pag. 40), vale a dire l'influenza esercitata da un corpo conduttore, comunicante col suolo e terminato in punta, posto in vicinanza d'un corpo elettrizzato: questi perde silenziosamente la sua elettricità, tanto più rapidamente quanto più breve è la distanza fra il corpo elettrizzato e la punta e quanto più aguzza è quest'ultima. Franklin tentò spiegare questo singolare fenomeno, ma non vi riuscì; tuttavia ne intravide la somma importanza, comprese tosto l'immenso partito che si potrebbe ricavare dalla proprietà delle punte per disarmare le nubi temporalesche, sottraendo ad esse l'elettricità, sempre nell'ipotesi, da lui sostenuta, della natura elettrica della folgore.

« Ciò che deve maggiormente interessarci, diceva Franklin, non è già il conoscere in qual modo la natura eseguisce le sue leggi, bensì quali esse sieno. Così sappiamo che una porcellana abbandonata a sé stessa, cade inevitabilmente e va in pezzi; e qui si potrebbe, è vero, indagare come avviene la caduta e perché la porcellana rimane frantumata, questa ricerca sarebbe senza dubbio interessante, ma sarebbe un oggetto di pura speculazione, giacché pur ignorando le cause del fenomeno possiamo tuttavia conservare le nostre porcellane. Similmente potrebbe riescire di qualche vantaggio per l'umanità il conoscere la proprietà delle punte, quand'anche non si riuscisse mai a spiegarla esattamente; grazie ad essa si potrebbero preservare dal fulmine le case, i monumenti, le navi, ecc., innalzando verticalmente, sulla loro sommità, delle aste acuminata di ferro, con la punta dorata, per preservarla dalla ruggine; dal piede dell'asta partirebbe un filo metallico, che discendendo esternamente all'edificio andrebbe poi a terminare sotterra. Non si può forse presagire, secondo ogni probabilità, che queste aste di ferro così disposte, sottrarrebbero silenziosamente l'elettricità dalla nube prima che questa giungesse tanto vicina all'edificio da scagliarvi contro la folgore? Per tal guisa non si sarebbe forse preservati da tante improvvise e spaventevoli sciagure?

« Per decidere se le nubi dalle quali scoppia

la folgore sono o non sono elettrizzate, io propongo un'esperienza che potrebbe essere tentata in luogo convenientemente scelto a questo scopo. In sommità d'un'altra torre o d'un campanile si collochi una garetta di legno, grande quanto basta per ricoverare un uomo ed uno sgabello isolante, sul centro di quest'ultimo sia piantata un'asta di ferro, che opportunamente ripiegata, esca dalla garetta e quindi si innalzi verticalmente per venti o trenta piedi e termini in punta molto aguzza. — Quando le nubi temporalesche, spinte dal vento, passeranno in vicinanza dell'asta metallica, l'osservatore che sta nella garetta potrà riconoscere se esse sono realmente elettrizzate, poichè in tal caso la punta sottrarrebbe l'elettricità dalle nubi e l'asta, essendo completamente isolata, rimarrebbe elettrizzata; perciò, accostando ad essa un bastone metallico, impugnato con manico isolante, ne scocchierebbero elettriche scintille. »

Come abbiamo già riferito, la Società reale di Londra accolse assai poco favorevolmente le comunicazioni scientifiche contenute nelle *lettere di Franklin a Pietro Collinson*. Quel dotto consenso non poteva ammettere che un'idea di qualche merito potesse giungere da quella barbara America che eccitava soltanto il disprezzo degli Inglesi.

Tuttavia uno dei membri di quella Società, il dottore Folthergill pensò che le lettere di Franklin trattavano un soggetto troppo importante per condannarle all'oblio; suggerì a Collinson di pubblicarle, questi le affidò ad un editore che ne formò un volume, il quale ebbe un esito dei più straordinari, in pochi anni se ne smaltirono cinque edizioni.

Le *lettere di Franklin* furono tradotte in quasi tutte le lingue d'Europa, furono lette avidamente, furono ammirate da tutti. Alla rapida diffusione dello scritto di Franklin contribuì non poco l'illustre Buffon (da noi già altrove menzionato, Vol. I, pag. 213). Questo grande naturalista riconobbe tosto i grandi pregi di quel volume che racchiudeva ad un tempo una teoria generale dei fenomeni elettrici, l'analisi degli effetti della bottiglia di Leida, un'ipotesi sulla natura della folgore e la descrizione dell'esperienza suggerita dall'autore per riconoscerne l'esattezza. Perciò Buffon pregò un suo amico, il fisico Daliard, di eseguire un'accurata traduzione francese delle *lettere di Franklin*; questa traduzione, ri-

veduta e corretta dallo stesso Buffon, fu pubblicata nel 1752; grazie ad essa le ricerche di Franklin intorno all'elettricità furono in breve conosciute in tutta Europa.

Buffon volle anche eseguire l'esperienza proposta da Franklin per riconoscere la presenza dell'elettricità nelle nubi temporalesche; a tal fine, seguendo il consiglio del fisico americano, Buffon fece innalzare, sulla torre del suo castello di Montbard, una lunga asta di ferro appuntita in sommità, mantenuta isolata sopra un sostegno resinoso. Nel tempo stesso ei suggerì a Dalibard di fare altrettanto nella sua villa di Marly, presso a Versailles, allo scopo di sperimentare le nubi temporalesche in due diverse località.

L'apparecchio eretto da Dalibard (fig. 69), era un'asta di ferro, d'un pollice di diametro, alta quaranta piedi, terminata in punta, sostenuta da uno sgabello isolante con piedi di vetro.

Primo ad essere favorito dai temporali fu l'apparecchio di Marly; era il 10 maggio 1752, Dalibard trovavasi allora a Parigi, tuttavia l'esperienza poté effettuarsi egualmente, poichè prevedendo il caso che durante la sua assenza scoppiasse il temporale, Dalibard aveva impartite le opportune istruzioni ad un intelligente operaio di sua conoscenza; gli aveva affidato un *eccitatore* composto d'una verga di ferro munita di manico di vetro, lo aveva istruito sul modo di servirsene ed infine gli aveva raccomandato di avvertire il curato del paese al primo apparire del temporale. — Alie due pomeridiane il vigile guardiano vede addensarsi le nubi, ode romoreggiare il tuono; sarebbe finalmente arrivato il bramato istante? egli accosta prudentemente il suo eccitatore all'asta: ecco uscirne una piccola scintilla susseguita subito dopo da una scintilla vivace e fragorosa! Ei va ad avvertirne il curato che, malgrado la pioggia e la grandine, si affretta a recarsi sul luogo, molti curiosi lo seguono, l'esperienza è felicemente ripetuta. Il bravo curato ne informa immediatamente,

con lettera circostanziata, l'amico Dalibard e questi la partecipa, il 13 maggio, all'Accademia delle Scienze, che accoglie l'importante notizia col massimo favore. Di lì a pochi giorni, il 19 maggio, scoppiò un temporale anche a Montbard, Buffon che vi si trovava, ebbe così la soddisfazione di verificare alla sua volta l'esattezza dell'ipotesi di Franklin, estraendo numerosissime scintille dall'asta elettrizzata dalle soprastanti nubi temporalesche.

La voce di queste interessanti esperienze si divulgò in breve per ogni dove, tutti i fisici vollero ripeterle e non solo si riconobbe da tutti la presenza dell'elettricità nelle nubi temporalesche, ma si venne pure a scoprire che in alcuni casi l'atmosfera è elettrizzata anche a cielo sereno.

Particolarmente si distinsero i fisici Italiani e fra questi il padre Beccaria (1), nell'ardore con cui si dedicarono allo studio dell'elettricità atmosferica. Le importanti ed accurate esperienze da lui eseguite servirono di solida base all'importantissimo edificio della moderna meteorologia.

Nel ripetere l'importante esperienza da noi poc'anzi descritta, la quale è generalmente conosciuta col nome di *esperienza di Marly*, Richmann, valente professore di fisica a Pietroburgo, perdette la vita il 6 agosto 1753. — Richmann aveva fatta innalzare, sulla casa, una lunga asta di ferro, aguzza in sommità, egli aveva impiegata ogni cura affinché l'asta rimanesse perfettamente isolata, attraversando un tubo di vetro, essa penetrava nella stanza dell'osservatore e terminava sopra un sostegno resinoso; una suoneria elettrica (Vedi fig. 50), comunicante coll'asta, doveva avvertirlo non appena quest'ultima fosse elettrizzata. Richmann proponevasi di misurare, durante un temporale, la varia intensità dell'elettricità sottratta dalla verga metallica alla circostante atmosfera, ed a tal fine aveva ideato una specie di elettrometro ch'ei denominò *gnomone elettrico*.

(1) GIOVANNI BATTISTA BECCARIA nacque a Mondovì nel 1716; studiato in patria lo belle lettere, recossi a Roma per vestirti l'abito delle Scuole Pie. Ben presto venne in fama nel collegio di Calenzano per la sua abilità nello scienze fisiche; commesse molti errori di diottrica. Insegnò matematico e filosofia in Roma, poi in Polirno, sino al 1748, nel qual anno fu da Emanuele III chiamato alla cattedra di fisica in Torino. Appena ebbe notizia, sul cadere di giugno del 1752, dell'esperienza ideata da Franklin e verificata per primi da Dalibard e Buffon, volle ripeterla in Torino ed incominciò fin dal 2 luglio di quell'anno le serie delle importantissime sue esperienze elettriche che furono da lui raccolte nei due libri dell' *Elettricismo artificiale e naturale* che

ei pubblicò in Torino nel 1753, i quali fanno epoca nella storia della fisica. — Godetto la stima de'suoi contemporanei, fu iscritto all'Istituto di Bologna ed alla Società reale di Londra. Cooperò coll'abate Canonica alla misura d'un grado di meridiano in Piemonte, pubblicò poscia un completo trattato d'elettricità ed un opuscolo sull'elettricità atmosferica a cielo sereno, il quale, per consiglio di Franklin fu tradotto in inglese. Giòvò con numerosi sue osservazioni ai progressi dell'astronomia. — Ebbe ingegno grandissimo e vasta dottrina non solo nelle scienze fisiche ma anche nelle amene lettere, e tutte le sue opere al in latino come in italiano portano l'impronta del buon gusto. Morì nel 1781.

« Il 6 agosto 1753 (1) Richmann assisteva ad una riunione dell'Accademia imperiale di Pietroburgo, della quale era membro: ode lontano il rombo dei tuoni, abbandona la sedula, corre a casa per misurare col suo apparecchio gli effetti elettrici del temporale che si avvicina; nel tempo stesso fa chiamare l'incisore Solokow che doveva disegnare ed incidere una tavola rappresentante il gnomone elettrico in azione, destinata ad illustrare la memoria che Richmann intendeva pubblicare per render conto dell'esperienza.

« Quando Solokow giunse nel gabinetto di Richmann, il temporale infuriava, il professore era in piedi, impugnava l'elettrometro e prudentemente rimaneva a qualche distanza dall'asta metallica, dalla quale partivano frequenti e vivaci scintille. Dopo l'ingresso dell'incisore, Richmann mosse alcuni passi, e così, senz'avvedersene, giunse un solo piede (circa metri 0,30) distante dall'asta elettrizzata. Inconsciamente un fulmine « sotto forma

di globo azzurrognolo, grosso come un pugno, » come disse poi Solokow, uscì dall'asta e colpì in fronte l'infelice Richmann che cadde morto. La stanza si empi tòsto di vapori solfurei; anche Solokow cadde a terra per la violenza della scarica elettrica, ma poco dopo riacquistò i sensi; intavola non potè rammentarsi d'aver udito il fragore dell'esplosione.

(1) Vedi PASTEUR, *Nouvelles de la Science*, Tom. 1, pag. 367.

« Il piccolo conduttore metallico destinato a trasmettere l'elettricità dall'asta all'elettrometro andò in pezzi, la porta del gabinetto fu schiantata dal fulmine.

« La moglie dell'infelice professore, accorsa al fragore della detonazione, vide questo martire della scienza steso a terra, tenendo stretti nelle sue mani, increspate dalla morte, gli avanzi dell'apparecchio col quale egli intendeva valutare la forza della meteora elettrica.

« Il cadavere presentava una profonda abbruciatura alla fronte ed altre due sul petto. L'una delle scarpe aveva un largo foro, il che fece supporre che il fulmine scaricatosi sul capo fosse uscito pel piedi. Solokow rimase illeso.

« Il funesto avvenimento che costò la vita al professore Richmann può essere facilmente compreso; ei morì fulminato perchè non aveva stabilita una comunicazione fra l'asta metallica e la Terra, nel qual caso l'elettricità sottratta dalle nubi si sarebbe scaricata nel suolo, ei cercò invece di isolarla nel miglior modo possibile e siccome quest'intento era stato pienamente raggiunto, così l'elettricità accumulata nell'asta metallica che penetrava nel gabinetto, non trovando alcun corpo conduttore su cui scaricarsi, si stanciò sul capo dello sperimentatore che, incantamente erasi troppo accostato all'asta elettrizzata; se invece quest'ultima si fosse trovata in comunicazione colla Terra,



Fig. 49. ESPERIENZA ELETTRICA DI HADLEY (10 maggio 1752).

l'elettricità vi si sarebbe silenziosamente scaricata senza offendere alcuno.

« Convenì però avvertire che la sorte toccata a Richmann poteva pur toccare a quanti ripetendo la classica esperienza detta di Marly si fossero troppo accostati all'asta metallica durante un violento temporale; le disposizioni suggerite da Franklin ed adottate fino allora da tutti gli sperimentatori, esponevano questi a gravi pericoli.

« La morte di Richmann, ammaestrando i scienziati intorno alle funeste conseguenze che potevano derivare da quel genere di esperienze, giovò a renderli più circospetti negli audaci tentativi coi quali essi osavano sfidare la più terribile delle meteore, ma pur circondandosi delle necessarie cautele, non raffreddarono il loro entusiasmo per queste interessantissime ricerche. »

VII.

Ingegnosa esperienza eseguita da Franklin con l'aquilone il 22 giugno 1752; il fisico francese Romas concepisce la stessa idea, ma tarda a mandarla ad effetto. — Il primo parafulmine costruito da Franklin nel 1760 è colpito dalla folgore e preservato in casa del negoziante West. — Opposizione mossa in Europa contro l'invenzione di Franklin: esperienza decisiva istituita da Beccaria. — Vanità dell'abate Nollet. — Trionfo definitivo delle idee di Franklin.

Dopo d'aver formulata la sua savia ipotesi sulla natura elettrica del fulmine, dopo d'aver pubblicamente suggerito il modo d'assoggettarla alla sanzione dell'esperienza, Franklin anelava di poterla verificare; ma Filadelfia non presentava nel 1752 alcun luogo opportuno a quell'esperienza; mentre egli attendeva impazientemente che vi si innalzasse una piramide, sull'alto della quale egli avrebbe piantata l'asta metallica acuminata per l'esplorazione delle nubi temporalesche, concepì l'ingegnosa idea di emanciparsi dalla piramide e di esplorare le nubi temporalesche valendosi d'un cervo volante od aquilone da fanciulli. Franklin costruì tosto un aquilone, in luogo di carta vi stese una pezzuola di seta, affinché resistesse alla pioggia, e nella stecca che doveva restare superiore confisse la punta metallica. La funicella era di canape, meno che per l'estremità che doveva restargli in pugno, la quale era di seta; fra questa e la canapa annodò una chiave di ferro.

Il 22 giugno 1752, vedendo che il cielo si copriva di neri anvoloni, Franklin uscì portando seco l'aquilone; egli era in compagnia di suo figlio, al quale, in tutta segretezza aveva comunicato il suo pensiero, temendo delle beffe che gli sarebbero venute dal pubblico se l'esperienza non avesse corrisposto all'aspettazione. Giunti nell'aperta campagna che già balenava, innalzarono l'aquilone e si ricoverarono sotto ad una tettoia (vedi fig. 70). Una nube temporalesca passò sull'aquilone e di lì a poco Franklin e suo figlio osservarono i filamenti laterali della funicella agitarsi e rizzarsi; appressando poscia le nocche

della mano alla chiave, ne cavò una lunga scintilla. Qual non fu la sua gioia! dall'esito di questa esperienza dipendeva la sorte della sua teoria. Ei ben sapeva che se l'esperienza riusciva, il suo nome avrebbe figurato fra quelli che allargarono il dominio della scienza; e che se l'esperienza falliva, avrebbe dovuto sopportare lo scherno e, peggio ancora, la compassione che si ha per visionari.

Singolare coincidenza! contemporaneamente a Franklin, anche il fisico francese Romas, concepiva l'ingegnosa idea di esplorare le nubi temporalesche mediante un aquilone. Ignorando completamente l'esperienza eseguita da Franklin, Romas indirizzava il 12 luglio 1752, all'Accademia di Bordeaux, la descrizione dei risultati ottenuti ripetendo in più modi l'esperienza di Marly ed aggiungeva ch'ei riserbavasi di inviare a quel dotto consesso la descrizione d'altra esperienza che, diceva Romas, può sembrare un giuoco infantile, non appena avesse avuta l'opportunità di eseguirla. Romas confidò con la massima segretezza, ad alcuni fra i più intimi suoi amici, il progetto di esplorare le nubi temporalesche con un aquilone appositamente predisposto, tuttavia ei non si affrettò ad effettuarlo. Romas lanciò nell'aria il suo cervo volante solo al 14 maggio 1753, quando l'esperienza di Franklin era già nota in Europa.

Uno dei primi a ripeterla fu il fisico italiano Beccaria, già precedentemente menzionato; variando l'esperienza in più modi egli istituì interessanti ricerche, raccolse importanti osservazioni. Le funicelle de' suoi cervi volanti erano

talvolta provvedute, nei eltra sguernite di filo metallico; per mantenerlo costantemente isolato, Beccaria lo avvolgeva sopra un ercoleio sostenuto da piedi di vetro.

Maschenbroeck che esperimentò, per primo in Olanda, l'elettricità atmosferica, per mezzo del cervo volante, riconobbe che le scintille da esso somministrate sono tanto più forti quanto più alto sale l'apparecchio nell'atmosfera.

Dopo d'aver dimostrata ai più increduli la verità della sua ipotesi sulla natura elettrica della folgore, Franklin volle pure mandare ad effetto il suo progetto di preservare gli edifici dal fulmine erigendo sul medesimo quell'asta aguzza di metallo che dall'ufficio cui esempie, è detta *parafulmine*.

Franklin innalzò il primo parafulmine (vedi figura 78) nel 1760 sull'abitazione d'un negoziante di Filadelfia, chiamato Beniamino West. Questo parafulmine si componeva di un'asta di ferro alla 9 piedi e mezzo (circa metri 2,90) di circa mezzo pollice (metri 0.013) di diametro, aguzza in sommità; essa era piantata verticalmente sopra un sostegno collocato sul comignolo della casa e comunicava con una verga di ferro che fiancheggiando l'edificio penetrava sotterra quattro o cinque piedi.

Per non strano capriccio degli elementi, questo parafulmine appena costruito rivelò la sua benefica influenza, poiché durante un temporale scoppiato a Filadelfia nel 1760, la folgore si scaricò sull'aste metallica, ne liquefece la punta, ma la casa rimase intesa e così l'efficacia dell'invenzione di Franklin fu luminosamente dimostrata.

Per quanto la cosa possa sembrare inverosimile, pure la storia deve registrare che l'invenzione di Franklin non fu immediatamente apprezzata in Europa; ci vollero parecchi anni per abbattere le barriere contro di essa innalzate da inveterati pregiudizii, da bosse passioni, e particolarmente conven segnalare l'opposizione che per motivi diversi, l'invenzione di Franklin incontrò in Inghilterra, ed in Francia.

Re Giorgio III d'Inghilterra che coglieva ogni pretesto per manifestare il suo odio contro le ribelli Colonie americane e che in particolare odiava il suo avversario politico Franklin, strenuo difensore dei diritti delle medesime, non voleva riconoscere neppure i meriti scientifici dell'illustre scienziato americano e quindi credevasi in dovere di biasimarne l'invenzione.

Siccome però non era assolutamente possibile contestare l'utilità del parafulmini, così i scienziati inglesi, seguendo le ispirazioni delle Corti d'Inghilterra, stabilirono che i parafulmini non dovevano terminare in punta aguzza come proponeva Franklin, ma che per renderli realmente efficaci conveniva applicare una sfera o globo di metallo sulla sommità dei medesimi. Re Giorgio III fece erigere sul suo palazzo parecchi parafulmini così conformati; così tutta la nazione si trovò impegnata a sostenere l'assurda tesi scientifica patrocinata dal re.

La discussione fra i fisici inglesi e quelli del continente europeo continuò lungo tempo; essa fu troncata dalle decisive esperienze istituite dal nostro Beccaria; questi innalzò a poca distanza l'uno dall'altro due parafulmini, terminati l'uno in punta, l'altro in sfera, provveduti entrambi di conduttori. Praticò opportunamente una breve soluzione di continuità nelle aste dei parafulmini e riconobbe che a pari stato elettrico dell'atmosfera, il parafulmine terminato in punta somministrava scintille ben più potenti di quelle debolissime che si ottenevano dai parafulmini sormontati da globo. Quest'esperienza non lasciava alcun dubbio: anche gli inglesi dovettero convenirne e riconoscere tutto il pregio dell'invenzione di Franklin.

L'opposizione mossa in Francia contro il parafulmine aveva origine ben diversa: emanava dal fisico francese Nollet e derivava unicamente dalla di lui vanità. Nollet ebbe invero il merito di tenere per primo, fino dal 1735, un corso di pubbliche lezioni sulla fisica sperimentale nell'istitutivo collegio di Navarra a Parigi; queste lezioni riuscivano chiare ed interessanti; l'uditorio era sempre numerosissimo, e persino la famiglia reale prendeva parte alle medesime. Nollet godeva perciò tutta la stima dei suoi connazionali, i quali pomposamente lo chiamavano il principe dell'elettricità. Tuttavia egli non era mai riuscito a congiungere il suo nome a quello di qualche interessante scoperta scientifica; aveva bensì formulata ed esposta una sua teoria mercé la quale pretendeva spiegare tutti i fenomeni elettrici; ma essa non poté reggere in presenza dei nuovi fatti de' quali la scienza andò grado grado arricchendosi. È quindi facile l'immaginare quanta gelosia nutrisse Nollet pel fortunato suo rivale americano, il quale, pur dedicando alla fisica solo una piccola parte del suo tempo, era riuscito, mercé interessanti ricerche, ingegnose

esperienze e sagge ipotesi, ad acquistare immensa reputazione.

Quando comparve la traduzione francese delle *lettere* di Franklin, nelle quali erano esposte le scoperte del fisico di Filadelfia e la sua teoria del fluido unico, Nollet non voleva credere che quello scritto fosse realmente d'un Americano, e si ostinava a dire che doveva essere una trappoliera fatta in Parigi da' suoi nemici per screditare il suo sistema. Ma in seguito, avendo pur dovuto convincersi che realmente esisteva a Filadelfia un tale chiamato Beniamino Franklin, il quale si diletta di fisica, e che le esperienze esposte in quello scritto non erano state ideate a capriccio, Nollet si credette in dovere di confutare le ingegnose idee del suo rivale e quindi anche l'utilità del parafulmine.

Nollet ammetteva la presenza dell'elettricità nelle nubi temporalesche e la natura elettrica della folgore; ma, appropriandosi le idee del volgo che non può comprendere come semplici punte innalzate nell'atmosfera, possano disarmare le nubi, diceva che la proporzione fra l'effetto e la causa era troppo grande, e che se i parafulmini fossero realmente utili, anche i campanili, gli alberi e tutti i corpi accumulati che si ergono nell'atmosfera dovrebbero esercitare analoga azione. Quest'obiezione non ha nessun valore: quei corpi accumulati non possono funzionare da parafulmini appunto perchè

sono privi di un conduttore metallico atto a lasciar scaricare l'elettricità silenziosamente nel suolo, e come l'esperienza lo dimostra, la loro forma acuminata serve bensì ad attirare la folgore, ma non offrendo a questa un passaggio continuo fino al suolo, essi ne rimangono gravemente offesi.

Nell'esordio delle sue *lettere* sull'elettricità,

l'abate Nollet deploreava l'errore di Franklin, tuttavia, tenendo calcolo degli incontrastabili servigi resi alla scienza elettrica dal fisico di Filadelfia, Nollet avrebbe voluto che si potesse completamente dimenticare questo piccolo errore di Franklin. « La posterità, dice spiritosamente il signor Figuiet (1), dal quale ricaviamo queste notizie, vedrà in quest'opinione dell'abate intorno al piccolo errore di Franklin, il grande errore dell'abate Nollet. »

Le idee di quest'ultimo, contro il parafulmine, furono favorevolmente accolte dai fisici francesi; uno di questi, l'abate

Poncelet, nutriva tanto orrore per l'apparecchio di Franklin, che invocò un regolamento di polizia che proibisse, d'allora in poi, di terminare gli edifici in forma acuminata e prescrivesse all'incontro di terminarli sempre con superfici convesse.

Malgrado gli sforzi di pochi fisici intelligenti, fra i quali convenì annoverare Charles e Leroy,

(1) Op. cit. pag. 564 e seguenti.

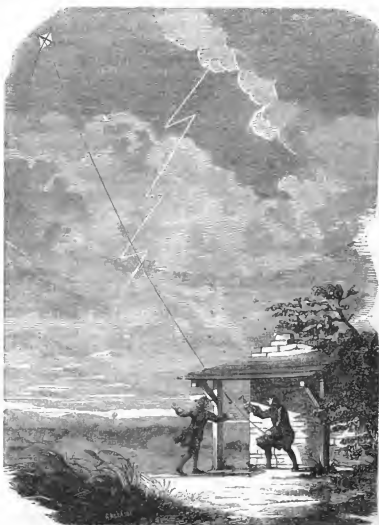


Fig. 70. BENIAMINO FRANKLIN «OFFERIR L'ELETTRICITÀ» DALLI NUBI TEMPORALESCHES MEDIANTE L'AQUILONE (22 giugno 1752).

la Francia continuò sino al 1782 a respingere i parafulmini che pur funzionavano in America sino dal 1760. Quelli che dividevano le idee di Nollet non si limitavano a declamare contro l'apparecchio frankliniano, come ridicolo ed inutile, ma lo qualificavano benanco come pericoloso. Nel 1783 un possidente di Saint-Omer fece piantare sulla sua casa un parafulmine sormontato da un globo che terminava con una spada che minacciava il cielo. Alla vista di quest'apparecchio tutti gli abitanti si commossero; la folla si riunì minacciosa imprecaando al temerario novatore, e questi ricevette, dall'autorità municipale,

per tranquillizzarli, Saussure dovette stampare e diramare gratuitamente un opuscolo sull'*utilità del conduttore elettrico*.

La sentenza del tribunale d'Arras valse a richiamare sui parafulmini tutta l'attenzione dei corpi scientifici, i quali finalmente si pronunciarono favorevoli all'adozione della benefica invenzione di Franklin.

L'Inghilterra la adottò soltanto nel 1788 in base al voto favorevole della *Società reale* di Londra;



Fig. 11. SILENT.

l'ordine di abbattere il temuto apparecchio. Il proprietario non volle accondiscendere, ed impugnando la sentenza del municipio, ricorse al tribunale di Arras. Il giovane ed oscuro avvocato che difese molto abilmente la causa del parafulmine ed ottenne, dal tribunale, il 31 maggio 1783, una sentenza che annullava la deliberazione del municipio di Saint-Omer, chiamavasi de Robespierre; questa causa incominciò a stabilire la reputazione del terribile convenzionale.

Nel 1771 l'illustre fisico ginevrino Saussure aveva innalzato un parafulmine sulla sua casa; tutti gli abitanti di Ginevra ne furono allarmati;



Fig. 12. PARAFULMINE PORTABILE.

da allora in poi le polveriere ed i principali edifici pubblici di quella metropoli furono armati di parafulmini. La stessa misura fu adottata, intorno alla stessa epoca, anche dai governi d'Austria e di Toscana.

Mentre Francia ed Inghilterra nutrivano ancora il massimo disprezzo pel parafulmine, l'Italia apprezzava ed applicava sì ingegnosa invenzione: il bel campanile della stupenda cattedrale di Siena che era stato più volte colpito dalla folgore, fu armato di parafulmine fin dal 1776, nello stesso anno il parafulmine veniva collocato anche sull'alta torre di San Marco, a Venezia; due anni

dopo la repubblica veneta decretava l'applicazione del parafulmine a tutte le navi ed alle polveriere dello Stato, questo esempio fu imitato dalla Francia nel 1784.

La conversione alle idee di Franklin divenne in breve sì completa anche in Francia, che tutti si affrettarono a premunirsi dai fulmini; le signore parigine portarono per qualche tempo un cappello cinto da un filo metallico comunicante

con una catenella d'argento che, scendendo dietro le spalle, giungeva fino a terra; il fisico Barbeu-Dubourg propose un *parafulmine portatile* (vedi fig. 72), formato d'un ombrello coperto di seta, alla cui sommità può essere applicata una verghetta aguzza di rame, dal piede della quale si stacca una catenella d'argento terminata da una frangia che, toccando il suolo, serve ad agevolare la dispersione dell'elettricità.

VIII.

NORME RELATIVE ALLA COSTRUZIONE DEI PARAFULMINI.

L'asta ed il conduttore. — Cautela indispensabile. — Conduttori composti di funi metalliche. — Estensione della regione protetta da un parafulmine. — Parafulmini sulle navi. — Parafulmini a ventaglio.

Narrata così sommariamente la storia del parafulmini, passeremo ora ad esporre i principii e le regole che devono presiedere alla costruzione ed alla posa dei medesimi affinché possano produrre i loro benefici effetti; seguiremo la classica *istruzione pratica* dettata nel 1823 da Gay Lussac ed il *supplemento* alla medesima, scritto dall'illustre fisico Pouillet, nel 1855, valendoci del riassunto dato dal Figuier (1):

« Un parafulmine si compone d'un'asta metallica acuminata, AB (fig. 73), che si erge nell'aria e d'un conduttore metallico BCDEF. Quest'ultimo si diparte dall'estremità inferiore B dell'asta, si protrae fino nell'interno del suolo e termina in un corpo d'acqua corrente, in mancanza di questo, in un pozzo od in un terreno umido.

« Affinchè un parafulmine possa produrre tutto il suo effetto è necessario:

« 1.° Che la sommità dell'asta sia bastantemente aguzza ma, nel tempo stesso, sufficientemente resistente per non essere liquefatta da un colpo di folgore;

« 2.° Che il conduttore comunichi perfettamente col suolo;

« 3.° Che non vi sia alcuna soluzione di continuità dalla sommità della punta all'estremità inferiore del conduttore;

« 4.° Che tutte le parti dell'apparecchio abbiano convenienti dimensioni.

« Qualora tutte queste prescrizioni non fossero scrupolosamente osservate, il parafulmine, anzi-

chè preservare un edificio, potrebbe occasionarvi gravi danni.

« Se la punta non fosse sufficientemente aguzza o se esistesse una soluzione di continuità nel

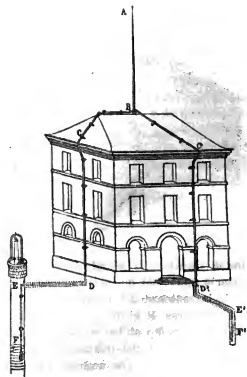


Fig. 73. PARAFULMINE ORIGINARIO.

conduttore, l'elettricità si accumulerebbe nell'asta del parafulmine, sotto l'influenza delle nubi temporalesche e l'apparecchio si troverebbe quindi trasformato in un corpo conduttore carico d'una

(1) Op. cit. pag. 577 e seguenti.

forte dose di elettricità, ed isolato solo in parte; sarebbe paragonabile ad un serbatoio di forte carica elettrica, la quale si porterebbe, quasi inevitabilmente, sui corpi circostanti e darebbe quindi origine a tutte le disastrose conseguenze d'una potente scarica elettrica.

Un parafulmine nel quale si riscontrasse una soluzione di continuità nel conduttore od un' imperfecta comunicazione col suolo, sarebbe peri-

morte del fisico Richmann, avvenuta a Pietroburgo nel 1753.

« Vediamo ora a quali regole convien attenersi affinché il parafulmine corrisponda nel miglior modo al suo scopo:

« L'asta d'un buon parafulmine dev'essere lunga circa 9 metri; generalmente essa si compone di tre parti fra loro riunite: una sbarra di ferro lunga 8.^m 60, una verghetta d'ottone lunga 0.^m 60 ed un ago di platino o di rame dorato lungo 0.^m 05. Per quest'ago si dà la preferenza al platino od al rame dorato poichè la punta rimane per tal modo preservata dalla ruggine; se invece si impiegasse il ferro questo arrugginirebbe ben presto, e siccome la ruggine, come tutti gli ossidi metallici, è un cattivo conduttore dell'elettricità, così l'asta perderebbe, in quel punto, la sua conduttibilità ed il parafulmine riuscirebbe inefficace.

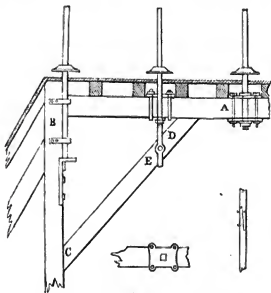


Fig. 71.

Fig. 71 bis.

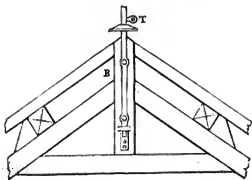


Fig. 75.

GIUNTA DELL'ASTA DEL PARAFULMINE COLL'ARMATURA DEL TETTO

colossissimo anche quando non venisse colpito dal fulmine. Poichè basta l'influenza dell'elettricità atmosferica per concentrare nel conduttore una gran copia di elettricità la quale tenderebbe a scaricarsi lateralmente su tutti i corpi contigui; la scintilla elettrica che si sprigiona dall'asta isolata colpisce ed incendia quei corpi. Fu questa, come abbiamo già narrato, la causa della

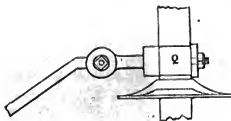


Fig. 76 (Prospetto).

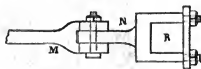


Fig. 77 (Pianta).

GIUNTA DEL CONDUTTORE COL PIEDE DELL'ASTA.

— Il complesso di quelle tre parti fra loro congiunte costituisce un cono molto aguzzo la cui base deve avere circa 5 centimetri di diametro.

« L'ago di platino è riunito alla verghetta d'ottone mercè saldatura d'argento, si rinforza la giuntura circondandola con un breve tubetto di rame. »

Le fig. 74 e 75 indicano in qual modo la base dell'asta è fissata al cornigolo dell'edificio; le fig. 76 e 77 indicano, l'una in prospetto, l'altra in pianta in qual modo la sommità del conduttore vien congiunta al piede dell'asta.

« Il conduttore del parafulmine è una lunga sbarra di ferro a sezione quadrata, di 15 a 20 millimetri di lato, formata da più sbarre consimili riunite nel modo indicato dalla fig. 74 bis; le

singole giunture di queste sbarre devono essere eseguite con la massima cura per impedire qualsiasi soluzione di continuità fra le medesime; basterebbe una sola soluzione di continuità per trasformare il parafulmine in un apparecchio pericolosissimo. Si consegue la voluta continuità fra le successive porzioni del conduttore circondando ogni giuntura con una fasciatura di saldatura di stagno, così le superfici metalliche delle giunture vengono preservate dall'azione ossidante dell'aria e vi ha meno a temere per le soluzioni di continuità.

« Il conduttore è mantenuto immobile, sulle falde del tetto e lungo i muri dell'edificio, mediante una forchetta di ferro (fig. 79) nella quale si rimane imprigionato mercè una spranghella traversale che riunisce i due rami della forchetta.

« Affinchè l'elettricità atmosferica possa prontamente diffondersi nella Terra si protrae il con-

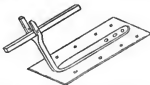


Fig. 79. FORCHETTA PER RITENERE DEL CONDUTTORE.

dotto fino a raggiungere un corso d'acqua perenne. Lo scopo di questa disposizione non è già,

come crede il volgo, di scaricare la folgore nell'acqua, per spegnerla come si spegne il fuoco d'un incendio; si fa comunicare il parafulmine con una massa d'acqua corrente, come sarebbe

quella d'un pozzo o d'un fiume — e non già sfuggante come sarebbe quella d'una cisterna — affinché grazie alla diretta comunicazione sia con la sorgente dalla quale essa proviene, sia della corrente verso la quale essa si dirige, l'acqua possa trasmettere e propagare all'istante nel terreno circostante l'elettricità tolta all'atmosfera.

« Lungo il tratto che dev'essere percorso sotterra dal conduttore si scava un fossatello profondo circa 0. = 0', sul fondo del quale si colloca un filare di mattoni in piano (fig. 80) nei lati dei quali si dispongono due file parallele di mattoni

in coltello, si riempie, fino a metà altezza, il vano interposto con carbonella da fornace, su questa si colloca il conduttore D E; si colma il vano residuo con altra carbonella e si copre il tutto con



Fig. 80. RIVESTIMENTO SOTTERRANEO DEL CONDUTTORE.

un altro filare di mattoni in piano. Questa pratica è suggerita dall'esperienza, poichè si riconosce

che il ferro circondato dalla carbonella (ossia minuto carbone parzialmente abbruciato) rimane per lunghi anni preservato dalla ruggine, e poi-

chè si sa per esperienza che il minuto carbone parzialmente abbruciato, è un ottimo conduttore dell'elettricità, e concorre quindi ad affrettarne



Fig. 81. PARAFULMINE A SINGOLO.

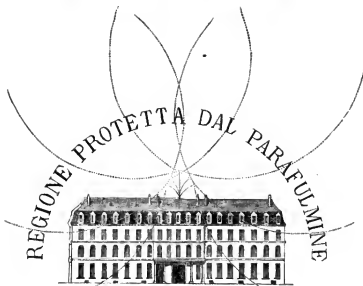


Fig. 82. REGIONE PROTETTA DA UN PARAFULMINE (secondo Farad).

la dispersione nel suolo. Per viemmeglio raggiungere quest'intento, l'estremità del conduttore non deve terminare semplicemente nell'acqua del

pozzo, ma è bene che sia provveduta d'un'ampia lastra di rame, che, presentando grande superficie, offre uno sfogo più immediato all'elettricità.

« Se nel terreno circostante non esistesse alcun corso d'acqua, sarebbe mestieri prolungare il fossatello del conduttore fino ad incontrare un terreno umido. Quando non si potesse soddisfare neppure questa condizione converrebbe ramificare il conduttore principale, costruendo apposito fossatello per ciascuna diramazione come è indicato in A dalle figure 83 e 84 ed introdurre in ciascun fossatello una sbarra metallica, saldatura alla sbarra principale e circondata al pari di questa con carbonella da fornai.

« La rigidità delle sbarre di ferro non sempre permette di far seguire al conduttore tutti i contorni dell'edificio; è per tal motivo che talvolta si sostituiscono le sbarre con funi metalliche: queste si compongono di quattro trefoli, ognuno dei

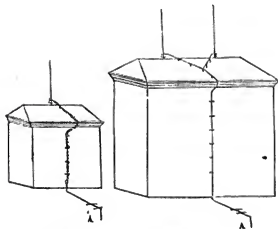


Fig. 83.

Fig. 84.

DIRAMAZIONI DEL CONDUTTORE NEI TERRENI ASCIUTTI.

quali è formato dalla riunione di quindici a venti fili di rame attortigliati; i singoli trefoli vogliono essere separatamente incatramati, e quindi riuniti per formarne un'unica fune. Impiegando queste funi convien porre ogni studio affinché riesca accuratissima l'unione dei trefoli con la base del parafulmine; si raggiunge l'intento stringendo, con una vite, l'estremità della fune fra le due orecchie B (fig. 85) d'un collare, snodato a cerniera, applicato alla base del parafulmine e completando quindi la continuità dell'unione con saldatura di stagno; gli uncini che devono sostenere la fune lungo il tetto, costrutti come è indicato dalla figura 86, terminano superiormente in un foro O, attraverso al quale si fa passare la fune metallica. Quando questa giunge a circa due metri dal suolo, la si congiunge ad una sbarra

di ferro a sezione quadrata di 15 a 25 millimetri di lato, e si stabilisce un'efficace giuntura nel modo indicato dalla figura 87.

« Importerebbe in sommo grado conoscere fino a qual punto si estenda la protezione esercitata da un parafulmine sui tetti circostanti. Gay-Lussac, nel 1823, ammetteva che il circolo protettore d'un parafulmine avesse per raggio il doppio dell'altezza della sua asta; perciò un parafulmine alto dieci metri estenderebbe la sua influenza sopra un cerchio del raggio di venti metri; tuttavia questa regola non deve ispirare cieca fiducia: l'estensione della regione protetta dipende da parecchi elementi che non sempre possono essere esattamente valutati. Convien tener calcolo: dell'altezza del parafulmine sugli edifici

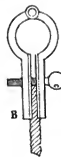


Fig. 85.

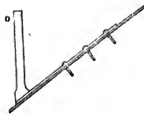


Fig. 86.



Fig. 87.

Fig. 85. Collare per l'unione dell'asta con l'estremità superiore della fune conduttrice. — Fig. 86. Uncino per ritengo della fune conduttrice. — Fig. 87. Giuntura inferiore della fune conduttrice.

sottoposti, della diversa natura dei materiali impiegati nella costruzione dei medesimi. Così, ad esempio, è certo che la superficie protetta da un parafulmine è minore quando l'edificio è ricoperto con lastre di zinco anziché con tegole; perciò a pari superficie converrà impiegare maggior numero di parafulmini per proteggere efficacemente gli edifici provvisti di coperture metalliche.

« Le alte cupole ed i campanili, che generalmente sono molto più alti degli edifici circostanti, possono essere armati con parafulmini di poca altezza, 1 a 2 metri soltanto; quando ciò riuscisse troppo incomodo si potrebbe anche sopprimere l'asta del parafulmine purché il campanile sia sormontato, come avviene generalmente, da una croce o freccia metallica sulla sommità della quale converrebbe applicare l'ago di platino o di rame

dorato, ed al piede della croce converrebbe adattare con ogni cura il solito conduttore metallico. (Vedi fig. 88).

« Quando nella costruzione d'un edificio sono state impiegate rilevanti quantità di metallo, quando cioè il ferro, lo zinco, la ghisa concorrono abbondantemente nella costruzione dei tetti, delle armature, del pavimento, ecc., convien congiungere tutte le parti metalliche col conduttore del parafulmine; il che si ottiene impiegando verghe di ferro, a sezione quadrata, aventi 8 millimetri di lato ovvero funi metalliche d'egual diametro. Se l'edificio è molto vasto convien munirlo di più parafulmini e stabilire una comunicazione metallica fra i medesimi, come è indicato nella figura 84.

« I parafulmini applicati sulle navi, come quelli dei campanili, non richiedono aste molto alte, bastano aste di pochi decimetri, ma importa moltissimo che la saldatura del piede dell'asta con la fune metallica, che fa l'ufficio di conduttore, sia accuratissima; l'estremità inferiore di questa fune scende lungo il fianco della nave e termina in un pezzo di rame posto in comunicazione permanente con la fodera metallica della nave.

« Già da più anni, ed in base ai favorevoli risultati ottenuti da una lunga esperienza, l'ammiraglio inglese adottò un sistema di parafulmini suggerito dal fisico Harris, il quale trasforma in altrettanti parafulmini tutti gli alberi della nave, applicando sovr'essi, dalla cima fino al piede, delle lastre di rame, le quali si protendono fin sotto la chiglia e comunicano con le principal

masse metalliche che costituiscono lo scafo della nave.

« Per aumentare l'efficacia dei parafulmini, il



Fig. 88. PARAFULMINE D'UN CAMPANILE.

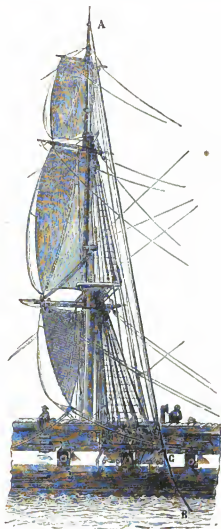


Fig. 89. PARAFULMINE D'UNA NAVE.

fisico francese Perrot suggerisce di armarne l'estremità superiore con parecchie punte disposte a ventaglio, come è indicato dalla fig. 81. Dalle esperienze istituite da Perrot risulterebbe che per tal modo l'ampiezza della regione protetta aumenterebbe di molto, essa sarebbe data dalla costruzione geometrica che accompagna la fig. 82.

LA PILA DI VOLTA.

I.

Rimarchevole esperienza riferita da Sulzer nel 1767. — Alessandro Volta. — L'invenzione della pila e l'elettro-chimica. — Singolarità e varietà di fenomeni prodotti dalle pile: fenomeni magnetici, fisiologici, calorifici, luminosi, chimici e meccanici.



Fig. 90. SPICCIAGIONE DELLA PILA.

ingegni di cui si onora l'Italia, da ALESSANDRO VOLTA (1), il quale vi trovò il germe della *pila*, che porta il suo nome. Con quest'ammirabile invenzione Volta gettò le basi di quel-

Nel 1767 il filosofo svizzero Sulzer, accennava, nell'opera *Nouvelle théorie des platines*, un'esperienza rimarchevolissima: posti a contatto due pezzi metallici, l'uno d'argento, l'altro di piombo, si toccò con essi la lingua; questa proverebbe tosto un sapore piccante che non si riscontra in alcuno dei due metalli presi separatamente.

Quest'esperienza, che in allora passò quasi inosservata, fu accuratamente studiata trentadue anni dopo da uno fra i più chiari

(1) ALESSANDRO VOLTA nacque a Como il 18 febbraio 1745 da nobile famiglia. Fece i primi studi sotto la sorveglianza paterna nella pubblica scuola della sua città natia. Le sue felici disposizioni, l'intensa sua applicazione allo studio, lo portarono la breve età testa dei suoi coadiutori. A diciotto anni il giovane studente era già in corrispondenza col famoso Nollet, per discutere le più delicate questioni di fisica. L'anno seguente si compose un poema latino nel quale descriveva i vari fenomeni scoperti dai più illustri sperimentatori dei suoi tempi. A ventiquattro anni compilò la sua prima memoria nella quale discuteva la teoria relativa alla classica esperienza della bottiglia di Leida. — La seconda memoria di Volta comparsa nel 1771, la quale si cerca stabilire in base ad accurate osservazioni, la natura dell'elettricità provocata nei corpi atmosferici, tenendo calcolo delle varie circostanze di temperatura, di calore, d'elasticità che influiscono sul fenomeno, ed studia l'elettricità prodotta dallo strofinio, dalla pressione, dalla percussione. — Il giovane fisico fu nominato reggente e poco dopo professor di fisica nella scuola reale di Como.

Nel 1779 il governatore di Lombardia volle stabilire nell'Università di Pavia una cattedra di fisica e vi chiamò l'ormai celebre professore di Como. Per lunghi anni l'Università pavese accolse nelle sue mura

numerose gioventù di tutti i paesi onde di udire le lezioni dell'illustre professore, il quale insegnava non solo i particolari della scienza, ma anche la storia filosofica delle principali scoperte e le più sottili correlazioni che sfuggono alle intelligenze volgari e che tanto giovano a riconoscere la via battuta dagli inventori. Il linguaggio di Volta era chiaro, senza pretese, sempre improntato di modestia e di urbanità.

Nel 1789 viaggiò in Germania, Francia, Olanda ed Inghilterra per conoscere i più illustri scienziati dell'epoca e per arricchire il gabinetto di Pavia di nuovi strumenti scientifici.

Nel 1801 il generale Bonaparte lo invitò a recarsi a Parigi. Volta ripeté colà in presenza di numerosa commissione dell'Istituto, le sue esperienze dell'elettricità per contatto. Il primo consesso assistette alla seduta nella quale i commissari lessero il loro rapporto su quei grandi fenomeni; appena ebbero lette le loro conclusioni, il primo consesso propose di conferire a Volta una medaglia d'oro destinata a commemorare la riconoscenza dei scienziati francesi. I regolamenti accademici non avrebbero permesso di dar corso a questa proposta, ma i regolamenti — come osserva Lavoisier, nell'Eloge di Volta, del quale ricaviamo queste notizie — sono fatti per le circostanze ordinarie, il professore di Pavia aveva mostrato d'essere superiore agli altri. La medaglia fu votata per acclamazione, e siccome Bon-

l'importantissimo ramo di fisica cui si dà il nome di *elettro-chimica* e che nel volgere di pochi anni fruttò già all'umanità: la telegrafia e l'illuminazione elettrica, la galvano-plastica e l'elettroterapia, le macchine elettro-motrici ed altre svariatissime applicazioni.

La pila ideata da Volta sul cadere del 1799 è una colonnetta formata con una serie di dischi, d'egual diametro, di tre sostanze diverse: rame, zinco e panno bagnato. Alla base della colonnetta c'è un disco di rame, sovr'esso un disco di zinco, e quindi un disco di panno bagnato e così successivamente e sempre nello stesso ordine, il penultimo disco della colonnetta è di rame, l'ultimo, ossia quello che ne occupa la sommità, è di zinco. « Cosa potrà risultare da questo accatastamento di materiali? Questa massa apparentemente inerte — dice Arago (1) — questa bizzarra unione di metalli diversi e di panno bagnato, disposti a strati alternati, è, nella singolarità de' suoi effetti, il più meraviglioso strumento fra quanti furono inventati dagli uomini,

senza eccettuarne il telescopio e la macchina a vapore.

Per certa analogia d'effetti che si riscontra fra una pila così conformata ed un pezzo di ferro calamitato, si chiamano *poli* anche le due opposte estremità d'una pila; l'una — che, nella pila da noi esaminata, sarebbe l'estremità inferiore — dicesi *polo rame*, l'altra — che nel nostro caso sarebbe l'estremità superiore — dicesi *polo zinco*.

« Supponiamo ora che a ciascuno dei due poli opposti, rame e zinco, d'una pila voltaica, sia attaccato un filo metallico; l'apparecchio così disposto si presta a parecchie esperienze che meritano d'essere riferite.

« Tenendo in mano uno solo di quei due fili metallici, non si prova alcuna sensazione speciale, ma non appena si impugna anche l'altro, si prova una violenta commozione. È lo stesso fenomeno già riscontrato colla celebre bottiglia di Leida, che nel 1746 eccitò in sì alto grado l'attenzione di tutta Europa, ma quella bottiglia serve solo

una volta, dopo ogni scossa è mestieri — vo-



Fig. 91. ALESSANDRO VOLTA.

perire non era uomo da lasciar le cose a metà, così il dotto viaggiatore ricevette nello stesso giorno, dalle casse dello Stato, due mila scudi, per le sue spese di viaggio.

Il professore di Pavia divenne per Napoleone il tipo dell'uomo di genio, al lo laudò della croce della Legion d'onore e della Corona Ferrea, lo nominò membro della Commissione Italiana, lo insediò alla dignità di coadiutore e quello di senatore del Regno d'Italia. Nel 1801 Volta, incominciando a sentirsi il peso degli anni, mostrò desiderio d'abbandonare l'insegnamento. Napoleone diceva: « Non s'ignori secondiere al ritiro di Volta; se le sue funzioni di professore lo stancano, le riduca, faccia pure una sola lezione in tutto un anno, ma il nome di Volta deve rimanere fra quelli dei professori dell'Università lombarda. » Volta acconsentì e così la gioventù italiana poté godere ancora per alcuni anni delle ammirabili lezioni di quel grande.

Tutte le Accademie d'Europa vollero averlo nel novero de' soci. La Russia gli fece larghissime offerte, ma l'inventore della pila non volle mai cangiare il bel clima d'Italia con le nebbie delle Navi.

Volta era d'alta statura, di lineamenti nobili e regolari, aveva fronte spaziosa, sguardo calmo e intelligente, abitudini semplici e casalinghe; unica sua passione fu costantemente l'amore allo stu-

dio. Morì in patria il 6 marzo 1827, quasi nello stesso giorno in cui cessava di vivere il grande geometra Laplace; fu sepolto nelle sue ville in vicinanza al pitresco villaggio di Camnago.

L'Istituto lombardo, interprete della riconoscenza che l'Italia avea per Alessandro Volta, si è fatto depositario dei preziosi cimeli della scienza, dei manoscritti, degli strumenti fisici e persino domestici lasciati dall'inventore della pila, rimasti per lunghi anni abbandonati. Quell'illustre coesano aprì nel 1861 una sottoscrizione allo scopo di raccogliere antichità ben necessarie per l'acquisto di quella suppellettile e per sussidiare nel tempo stesso, la famiglia del grande italiano. L'Italia rispose all'appello: il Parlamento concorse con 95,000 lire; la somma necessaria poté essere completa; la suppellettile scientifica di Volta, divenuta proprietà nazionale, fu collocata nel palazzo di Brera a Milano. Fra i cimeli di Volta contansi oltre 300 strumenti ed apparati. I manoscritti furono ordinati dall'illustre fisico Magri e li quali li distribui in sei categorie: Fisica generale e meccanica; Calore, dilatazione dell'aria, Forze elastiche dei vapori; Eletticità statica; Galvanismo ed Eletticità voltaica; Meteorologia; Viaggi e Corrispondenze.

(1) Arago, *Œuvres complètes: Éloge de Volta* (Tome I, pag. 187-240), Paris 1851.

lendo ripetere l'esperienza — rinnovare la carica. La pila, all'incontro, si presta ad un numero indefinito di commozioni successive; la si può quindi paragonare ad una bottiglia di Leida che ad ogni scarica riacquistasse naturalmente la sua forza.

« Applicando sulla lingua il filo congiunto al polo zinco ed applicando contemporaneamente su qualunque altro punto del corpo, l'estremità del filo che mette al polo rame, si prova un sapore acido pronunziatissimo; questo sapore cangia natura, diviene alcalino quando si inverte la posizione dei due fili.

« Il senso della vista può apprezzare anch'esso questo singolare apparecchio. Coll'estremità d'uno dei due fili toccatevi il fronte, la guancia, il naso od il mento, ed impugnate l'altro filo: vedrete tosto — ad occhi chiusi — un bagliore, la cui vivacità e forma varieranno secondo la parte della faccia sulla quale scaricasi la corrente elettrica.

« Analogamente si possono udire dei suoni o rumori particolari impugnando uno dei fili con una mano ed applicando all'orecchio l'estremità dell'altro filo.

« Per rendere più sensibili tutti questi fenomeni è bene bagnare con un po' d'acqua quelle parti della pelle che devono trovarsi a contatto coi fili metallici.

« La pila non agisce soltanto negli organi sani e viventi, ma esercita la sua influenza anco su quelli nei quali la vita sembra completamente spenta: sotto l'azione combinata dei due fili, i muscoli della testa d'un suppliziato provarono contrazioni talmente spaventevoli che gli spettatori fuggirono inorriditi; altrove il busto d'una vittima si sollevava parzialmente, le sue mani si agitavano, colpivano gli oggetti circostanti, sollevavano corpi del peso di alcune libbre. I muscoli pettorali imitavano i movimenti respiratori, tutte le funzioni della vita si riproducevano tanto fedelmente che si poteva quasi temere che lo sperimentatore commettesse un atto colpevole aggiungendo crudeli sofferenze a quelle già inflitte dalla legge al giustiziato.

« Del pari si ottengono interessanti risultati sottoponendo gl'insetti a queste prove: i fili della pila aumentano notevolmente la luce della luciola, ridonano i movimenti ad una cicala morta, la fanno cantare.

« Ciascuno dei due fili, preso separatamente, ha la temperatura dell'aria circostante, ma ponendoli a contatto l'uno dell'altro acquistano tempe-

ratura tanto più elevata quanto minore è il loro diametro; quando sono bastantemente sottili divengono incandescenti, se sottilissimi si liquefanno, anche se sono di platino, il più refrattario dei metalli. Adoperando pile molto energiche, si possono vaporizzare istantaneamente sottili fili d'oro e di platino.

« Applicando un carbone all'estremità libera di ciascuno dei due fili d'una pila, i carboni si accendono non appena vengono posti a contatto, e spandono tutt'intorno luce sì splendente e notevole per la sua bianchezza che a buon dritto si può paragonarla a quella del sole.

« I fili di platino, d'oro, di rame, quando sono in condizioni normali non esercitano alcuna azione sull'ago calamitato (Vedi vol. I, pag. 122), anche se sono applicati ai poli d'una pila non esercitano

alcuna influenza su quell'ago; ma quando, con un'estremità comunicano con uno dei poli d'una pila e con l'altra si toccano, acquistano tosto proprietà magnetiche, divengono vere calamite, si caricano di limatura di ferro e comunicano una calamitazione permanente alle verghe d'acciaio poste nella loro vicinanza.

« Quando la pila è fortissima ed i fili, in luogo di toccarsi, sono mantenuti a breve distanza, una viva luce ne congiunge l'estremità (fig. 92): questa luce è magnetica, una calamita può attirarla o respingerla.

« Mantenendo i due fili discosti l'uno dall'altro ed immergendoli quindi in un liquido, ad esempio nell'acqua pura, i due elementi gassosi che la costituiscono si separeranno; l'ossigeno si svolgerà dalla punta del filo che termina al polo zinco, l'idrogeno dall'estremità dell'altro filo che si stacca dal polo rame. Le bollicine di gas, che mano mano vanno svolgendosi, non abbandonano i fili sui quali si opera la scomposizione, perciò quei due gas possono venir raccolti in due vasi separati.

« Sostituiamo all'acqua pura un liquido contenente in soluzione sostanze saline; la pila decomporrà queste sostanze (i sali son formati dalla combinazione d'un acido con un alcali), gli acidi si porteranno verso il polo zinco, gli alcali an-



Fig. 92.
LUCI PRODOTTA
DALLA PILA DI VOLTA.

dranno ad incrociare il filo che parte dal polo rame.

« Questo modo d'analisi è il più potente che si conosca; esso arricchì la scienza di moltissimi risultati assai importanti; mercé la pila si giunse a decomporre per la prima volta un gran numero di alcali e di terre che fino allora erano considerate sostanze semplici, la pila fece vedere che quei corpi sono altrettanti ossidi e giovò a scoprire l'esistenza di singolarissimi metalli, completamente ignoti nei secoli scorsi, come il potassio che si plasma fra le dita a simiglianza della cera, che galleggia sull'acqua, che spontaneamente si accende spandendo intorno vivissima luce. »

L'elettricità sviluppata dalla pila genera una considerevole forza motrice che può essere indefinitamente aumentata e può servire a sollevar

pesi, a metter macchine in movimento non solo sul luogo stesso in cui si produce la forza, ma benanco — mercé un sottil filo conduttore — a qualsivoglia distanza; essa attraversa ogni ostacolo, i fiumi e le vallate più profonde, le catene di montagne, gli oceani; essa si trasmette istantaneamente ed istantaneamente può essere interrotta da un capo all'altro della Terra; ad un cenno della mano l'ubbidiente elettricità è capace di porre immediatamente in movimento una macchina anche se è situata agli antipodi, ad un cenno la lascia immobile.

Riservandoci a discorrere più oltre delle più importanti applicazioni della pila di Volta, passeremo ora ad esporre la storia e ad esaminare alcune fra le svariatissime forme ch'essa ricevette posteriormente.

II.

Le contrazioni della rana ed il contraccolpo elettrico. — Audaci esperienze istituite da Galvani nel 1786. — Influenza del caso quando è associato al genio d'un osservatore. — Le contrazioni della rana appesa con un uncino di rame ad una ringhiera di ferro. — Il *fluido aereo* detronizzato dal *fluido galvanico*. — Ardite speranze. — Esistenza dell'elettricità animale confermata dalle scoperte di Matteucci.

Nel 1780 un insigne medico, Luigi Galvani (1), professore d'anatomia nell'Università di Bologna istituiva in unione ai suoi discepoli una serie di esperienze sull'irritabilità muscolare degli animali a sangue freddo ed in particolare delle rane; Galvani spellava questi animali, mentre erano ancor vivi, quindi, con un colpo di forbice staccava le estremità inferiori dalla parte superiore del corpo, e così un breve tratto della spina dorsale rimaneva congiunto alle estremità inferiori soltanto per mezzo dei nervi della coda (detti *crurali*, i quali sono molto sviluppati nella rana).

Nello stesso laboratorio in cui operava Galvani

trovavasi casualmente un suo amico che eseguiva alcune esperienze con la macchina elettrica; dopo d'aver preparata una rana nel modo poc'anzi accennato, Galvani la depose — senza punto badarci — sulla tavoletta che formava la base di quella macchina e quindi parlò dal laboratorio. Di lì a poco uno de' suoi discepoli toccò col suo scalpello anatomico la porzione di rana preparata a quella guisa; qual non fu il suo stupore vedendo che a quel contatto le membra, della rana si contraevano in modo convulsivo! Ei ne avvertì glistanti e, ponendosi nelle stesse condizioni di prima, rinnovò più volte l'esperienza

(1) LUIGI GALVANI nacque a Bologna nel 1737, mostrò fin da giovanetto grandissimo amore per le scienze naturali e pose ogni suo studio nel coltivarle, bramò in isposa l'unica figlia del suo maestro Guizzardi, degno sì mostrò di ottenerla ed il vecchio professore, legato al compiacere dell'indole e dell'ingegno del suo discepolo, che presso di sé lo accolse e lo volle a parte de' suoi studi e delle sue fortune. I suoi meriti così vantaggiosamente ignorati, ottenne la cattedra di Anatomia nell'Università di Bologna, si dedicò in breve con la pubblicazione di parecchie e notevoli sue scoperte scientifiche. Confidò nel caso a studiare le contrazioni che si producevano appressando un arco conduttore da una parte ai nervi, dall'altra ai muscoli d'una rana, immortalò il suo nome con una serie di accuratissime esperienze e colta sua teoria dell'elettricità animale.

Eserciziò finché visse la chirurgia e la chirurgia ostetrica con pazienza e disinteresse. Adoprò nobilmente i suoi doveri di professore. Distratto da queste molteplici cure reca stupore come il potesse

applicarsi con tanta diligenza alle nuove e difficili ricerche sull'elettricità. Ma d'ammirazione ancor maggiore è degna la modestia che accompagnò ed accrebbe ornatamente a' suoi grandi meriti. Qualunque cosa disprezzasse la gloria, solo compenso di sì lunghe fatiche, non s'abbassò mai ad alcun di quei piccoli uffici, de' quali i mediocri talenti si aiutano per procacciarsi. Alla freddezza e al disprezzo col quale furono da taluno ricevute le sue prime scoperte, Galvani rispose collo studio perpetuo di perfezionarle. — Quantunque nella società assai ritenuto e circospetto era però ben lontano da quella fredda spalla che il lungo abito dello studio talvolta fa contrarre ai filosofi. Fu persona modesta, dignitosa, di abito casto. Morì in patria nel 1796.

(Estratto dall'Eligio recitato dal prof. Vassarelli, nell'Accademia pubblica dell'Istituto di Bologna il 21 maggio 1802).
Le sue opere furono raccolte e pubblicate a Bologna nel 1841, per cura dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna.

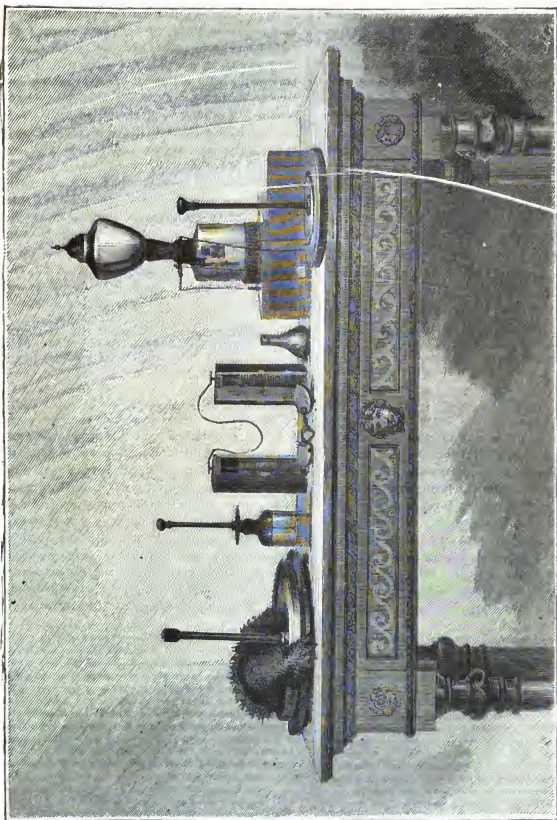


Fig. 92. OGGETTI SCIENTIFICI DI ALESSANDRO VOLTA.

1. Elettroforo colla staccata di marito, bianco, della Volta. — 2. Elettrometro condensatore, quello stesso che servì a Volta per dimostrare le elasticità metalliche. — 3. Leyden più a colonna tascabile, a cerniera dal Volta per dimostrare la sua teoria sull'isolamento di Parigi, presentò l'amparo. — 4. Pila di Volta: forma primitiva. — 5. Lampada a gas di Krieger, che si accende col elettrodo: ha la forma di quella lampada che si usava allora per dimostrare che il Volta di flusso tanto in Germania. — 6. Apparato che serviva allo primo ricezione del Volta sul modo di raccogliere e rendere sensibili le più piccole doti elettriche.

in mezzo allo stupore generale. — La signora Lucia Galvani, moglie del professore, trovavasi appunto allora nel laboratorio; essa fu la prima a intravedere che l'esito dell'esperienza dipendeva dalla macchina elettrica la quale, nel frattempo, non aveva mai cessato di funzionare: le contrazioni della rana si verificavano ogni qualvolta scoccava una scintilla, nel mentre che uno degli astanti appoggiava lo scalpello sulla rana. A macchina immobile le contrazioni cessavano.

La signora Galvani si affrettò a comunicare al marito questo singolarissimo fenomeno ed il professore poté convincersi alla sua volta che ad ogni scintilla che scoccava dalla macchina i muscoli della rana si contraevano spasmodicamente; le gambe dell'animaletto di spenzolanti che erano, si piegavano e si allontanavano, quasi che riprendessero vita.

Galvani riconobbe la causa del fenomeno e giustamente la attribuì al *contraccolpo elettrico*.

Dicesi *contraccolpo* una commozione elettrica alla quale possono andar soggetti uomini ed animali anche a qualche distanza dal luogo in cui scoppia la folgore. Una nube temporalesca, la quale può occupare un vastissimo tratto d'atmosfera, agisce per influenza su tutti i corpi che si trovano nella sua sfera d'attività. Tutta la superficie del suolo, e quindi anche tutti i corpi circostanti che trovansi nella regione influenzata dalla nube temporalesca si elettrizzano in modo opposto alla nube. Allo scoppiare della folgore tutta la nube trovasi repentinamente spogliata della sua elettricità e perciò cessa d'influencare i corpi sottostanti; questi, ri-

tornando incontanente allo stato normale, non danno più alcun indizio elettrico; il repentino passaggio dallo stato elettrico allo stato normale provoca in essi una violenta scossa cui si dà il nome di *contraccolpo*, e che può persino riescire mortale.

La rana, come fu poi riconosciuto, è sensibilissima all'elettricità, a tal segno che può venire utilmente impiegata come elettroscopio squisitissimo, perciò venendo deposta sulla tavoletta della macchina elettrica, anche a qualche distanza dal

conduttore essa si elettrizza per l'influenza esercitata dal conduttore, quando la macchina è in movimento; ma, allo scoppiare della scintilla, il conduttore, che fino allora era fortemente elettrizzato, perde la sua elettricità, incontanente la rana ritorna allo stato normale e quindi subisce l'effetto del contraccolpo.

Apprezzando l'alta importanza della scoperta fatta, Galvani imprese una lunga serie di ricerche per riconoscere il vario modo di comportarsi degli animali d'ogni specie —

chi egli assoggettò all'esperienza — sotto l'influenza delle scariche elettriche.

L'ordine e l'esattezza con cui Galvani procedette in queste delicate ricerche potrebbero servir d'esempio nell'osservazione d'ogni oscuro fenomeno fisico, complicato dallo spinoso intervento dei fenomeni vitali. Galvani sperimentò successivamente tutte le sorgenti d'elettricità fino allora conosciute: la macchina elettrica, la bottiglia di Leida, l'elettroforo. I risultati furono ognora gli stessi: le contrazioni, nelle membra inferiori della rana, si verificavano sempre nel-



Fig. 91

(Ricaricato dal già citato volume pubblicato nel 1841 per cura dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna).

l'istante della scarica. Restava a sperimentare un'altra sorgente elettrica, la più copiosa di tutte, l'elettricità delle nubi temporalesche.

La tragica fine dell'infelice Richmann non distolse Galvani dall'affrontare il pericolo, e non esitò a cimentare in sua vita nella speranza di arricchire la scienza con qualche nuova osservazione. Sulla sua casa, ei fece piantare verticalmente un'asta metallica acuminata, dalla quale staccavasi un conduttore che portava nel gabinetto del professore l'elettricità sottratta all'atmosfera.



Fig. 95. GALVANI SPERIMENTA L'INFLUENZA DELL'ELETTRICITÀ ATMOSFERICA SULLA RANA (7 giugno 1780).

L'estremità inferiore del conduttore, ripiegata ad anello (fig. 95), riceveva la massa dei muscoli e dei nervi d'una rana preparata alla solita maniera. Le contrazioni di questi muscoli si verificavano ad ogni guizzar di lampo, e quindi precedevano sempre il tuono.

Nel descrivere una di queste esperienze, eseguita il 7 giugno 1780, Galvani racconta che « ora teneva nelle mani il conduttore atmosferico isolato, ora vi stava assai vicino nel momento del lampo. » Ammirabile audacia!

Continuando poscia le sue ricerche, Galvani volle sperimentare anche l'influenza dell'elettricità atmosferica a cielo sereno. Il caso che entra

sempre per gran parte anche nelle grandi scoperte, ma che resterebbe senza frutto se non fosse giustamente apprezzato dal genio degli inventori, contribuì a coronare splendidamente le perseveranti ricerche del fisico bolognese; sul principio del settembre 1780, preparata una rana nel modo consueto, Galvani ne attraversò il midollo spinale con un uncino di rame e con questo la appese alla ringhiera di ferro del terrazzo superiore della casa Facchinetti, da lui abitata (1). Il cielo era perfettamente sereno, nulla rivelava la presenza d'elettricità libera nell'atmosfera, le membra della rana rimasero immobili. Di quando in quando Galvani ritornava sul terrazzo per riconoscere se la rana dava qualche segno elettrico; le sue indagini tornavano vane. Finalmente, sul cadere del giorno mentre Galvani stava contemplando la sua rana, una buffata di vento la spinse a toccare la ringhiera di ferro; questo contatto sembrò ridonare la vita all'animale, le cui gambe spenzolanti si agitarono convulsivamente e quindi ritornarono in quiete, ma non appena il vento le portò nuovamente a contatto della ringhiera, la convulsione singolare ricominciò con sommo stupore di Galvani. I suoi elettrometri più sensibili non rivelavano, allora, neppure il più lieve indizio d'elettricità nell'atmosfera, quindi ei concluse che il fenomeno osservato sulla rana aveva origine nella rana medesima per una proprietà particolare del suo organismo, la quale non produsse nel corpo dell'animale alcun effetto visibile finché certe parti di esso corpo non fossero poste in comunicazione conduttrice fra loro; ma producesse poi quelle strane contrazioni, ogniquale queste parti comunicassero le une colle altre. Con tale ipotesi egli spiegava benissimo il fatto; poiché, essendo la rana appesa alla ringhiera di ferro per mezzo d'un uncino metallico, è chiaro che ogniquale l'animale veniva a toccare, con le gambe spenzolanti, la ringhiera di ferro, in quel momento la parte superiore del tronco nella quale era infitto l'uncino, veniva a trovarsi in

(1) Crediamo per cosa grata al lettore pubblicando l'iscrizione posta su quella casa del comune di Bologna per eternare la memoria della scoperta di Galvani.

LUIGI GALVANI

IN QUESTA CASA

DI SUA TEMPORARIA DIMORA

AI PRIMI DI SETTEMBRE DELL'ANNO MDCCCLXXXVI

SCOPERSE DALLA MORTA RANA

LA ELETTRICITÀ ZOOELETTRICA

FORTE DI NARCOLE

A TUTTI E SECOLI

comunicazione conduttrice con le gambe; allora appunto, come si è già detto, l'animale si contraeva.

Galvani rinnovò l'esperienza nel suo gabinetto: all'estremità d'un sostegno di ferro ripiegato ad uncino (fig. 95), infilasse una rana di fresco preparata, quindi impugnando un arco metallico formato di un filo di rame incurvato, toccò contemporaneamente i nervi lombari ed i muscoli crurali della rana che tosto si commossero vivacemente.

« Un'esperienza (dice Arago nel già citato *Elogio di Volta*) nella quale le gambe, le coscie, i tronchi d'animali sezionati già da parecchie ore provano le più forti convulsioni, si stanciano in distanza, sembrano infine ritornare in vita, non poteva restare a lungo isolata. Analizzandola minutamente Galvani credette poter concludere che il corpo degli animali è paragonabile ad una bottiglia di Leida.

Secondo Galvani gli animali sono quindi altrettanti serbatoi d'elettricità; l'elettricità positiva risiede nei nervi, la negativa nei muscoli, l'arco metallico fra essi interposto funziona da conduttore e permette la scarica.

« Queste idee piacquero al pubblico, l'elettricità detronizzò il *fluido nerreo* che a quei tempi aveva tanta parte nella spiegazione dei fenomeni della vita, sebbene — singolare distrazione — nessuno avesse pensato di dimostrarne l'esistenza. Si credette aver scoperto l'agente fisico che porta al *credore* le impressioni esterne, che pone quasi tutti gli organi degli animali sotto gli ordini dell'intelligenza, che genera i movimenti delle brac-

cia, delle gambe, della testa a seconda dei comandi della volontà. Ahimè! queste illusioni non ebbero lunga durata; questo bel romanzo scomparve in faccia alle severe esperienze di Volta. »

Affrettiamoci però a soggiungere che le idee di Galvani intorno all'esistenza d'un'elettricità animale, il cui compito sembra però molto più modesto di quanto si credeva, sono pienamente fondate; un altro italiano, l'illustre Matteucci (1), mise fuor di dubbio, con una serie di delicatissime sperienze che qui non troverebbero posto, che un muscolo vivo è una pila come è una pila l'unione di due metalli ideata da Volta.

Solo nel 1791, dopo undici anni di pazienti ricerche, Galvani espose al pubblico i risultati delle sue esperienze e le ingegnose sue ipotesi sulla elettricità animale. Questa memoria di Galvani (2), che fu inserita fra quelle dell'*Accademia di Bologna*, è una delle più importanti opere scientifiche dello scorso secolo. Fino allora i fisici non conoscevano altra elettricità artificiale, tranne quella prodotta dallo strofinamento nelle macchine elettriche, l'*elettricità in equilibrio o statica*; le esperienze di Galvani rivelavano l'esistenza d'un'altra *elettricità* che fu detta *dinamica*, poichè, come dicono i fisici, questa specie di elettricità è *in moto*, *circola* negli apparecchi che serve a provocarla. È quindi facile l'immaginare qual profonda sensazione producesse in Europa l'importantissima memoria di Galvani. Tutti i fisici, tutti i fisiologi, si affrettarono a ripetere le esperienze descritte dal professore bolognese, ad indagare l'esattezza delle sue ipotesi.

(1) GIUSEPPE MATTEUCCI nacque a Forlì il 30 giugno 1811. a diciannove anni perdeva la madre e poco appresso il padre, chirurgo. La non piovve eredità gli fece speso in gran parte per mantenersi nell'Università di Bologna dove studiò e laureò in matematica; ma, coll'andar degli anni più che alla matematica si stese allo studio della chimica, della fisiologia e della fisica, alla quale finì per dedicarsi quasi esclusivamente.

A 17 anni pubblicò una provocante monografia sul *tempore* e di lì a poco una memoria: *Sull'organo elettrico della torpedine*. Ricattosi a Parigi per perfezionarsi nella fisica sperimentale fu favorevolmente accolto dai più illustri scienziati che avevano già applaudito a quei primi suoi lavori. Fecce colà tesoro di nuovo e vaste cognizioni scientifiche, si preparò a nuovi lavori e la sua fama cominciò a spandersi anche in Italia; rimpatriò nel 1831, l'anno seguente fu nominato professore di fisica sperimentale a Bologna, nel 1837, passò nella stessa qualità a Ravenna. Tre anni dopo, poi consigli di Arago e Humboldt, ei fu invitato a coprire la cattedra di fisica nell'Università di Pisa ove trascorse la maggior parte della sua operosa vita scientifica, dal 1840 al 1856. De' suoi lavori e del suo insegnamento in quell'Università troppo sarebbe lungo discorrere; toccheremo dei principali.

Nel campo dell'elettro-fisiologia pubblicò una seconda memoria *Sull'organo elettrico della torpedine* ed arricchì la scienza della scoperta della Contrazione indotta, solo esempio in cui si veggia la contrazione di un muscolo d'animale vivente o di recente ucciso, eccitare a distanza una simile contrazione in altro muscolo d'altre ani-

mole. La scienza va anche debitrice al Matteucci della scoperta di alcune leggi dell'azione chimica della corrente elettrica. Fecce molti studi sul dia-magnetismo e scrisse alcune belle memorie sulle correnti che percorrono la superficie della Terra.

Nel 1844 ebbe il premio di fisiologia sperimentale dall'Istituto di Francia che lo nominò suo membro corrispondente, del pari che la Società Reale di Londra che gli conferì la medaglia d'oro Copley. Tra le sue opere tradotte in molte lingue, citeremo le *Lezioni di fisica*, le *Lezioni sui fenomeni fisico-chimici dei corpi viventi*, il *manuale di telegrafia elettrica*; il *Course special sur l'induction*, etc. ed un grandissimo numero di memorie pubblicate nello più stimato rivista scientifica.

Ebbe in ogni tempo e sotto ogni forma di governo, tutte quelle dimostrazioni di stima che al possono dare ad uno scienziato illustre; nel 1853 fu nominato senatore del Regno e direttore dei telegrafi italiani, o più tardi, degli uffici meteorologici che furono da lui riordinati. Nel 1862 fu nominato ministro dell'Istruzione pubblica nel gabinetto Rattazzi, e diede opera all'unificazione degli studi in Italia e ad un migliore ordinamento di molte Università. Meritarono anche encomio i suoi sforzi per la diffusione dell'insegnamento elementare del popolo. Rifiutatosi dal ministero, preso ad insegnare nell'Istituto scientifico di Firenze e fu nominato vice-presidente del Consiglio superiore d'Istruzione pubblica. Morì il 25 giugno 1893 in una sua villa presso Livorno.

(2) ALESSANDRO GALVANI, *De viribus electricitatis in motu musculari Commentarius* (1791).

III.

Entusiasmo generale per le idee di Galvani. — Obiezioni di Volta; influenza dei due metalli; classiche esperienze di Galvani per dimostrare l'esistenza dell'elettricità animale. — *La coppia voltaica*. — Fabbriani combatte Volta e Galvani. — Prevalenza delle idee di Volta. — Gli elettromotori di prima e di seconda classe. — Lettera di Volta alla Società reale di Londra.

Le idee di Galvani sull'elettricità animale furono dapprima abbracciate da tutti con entusiasmo. L'illustre fisico Alessandro Volta, professore di fisica a Pavia, già celebre per le invenzioni di cui aveva arricchita l'elettricità (l'elettroforo, l'endiometro, l'elettrometro condensatore) fu tra i primi a ripetere le esperienze di Galvani ed a variarne opportunamente le condizioni. In sulle prime (aprile 1792) convenne col Galvani trattarsi qui d'una elettricità propria degli animali. Ma poco dopo (agosto 1792) se ne ricredette, avendo avvertita una circostanza che agli altri era sfuggita. Egli notò che gli uncini adoperati da Galvani erano di rame; e che avendoli attaccati ad una ringhiera di ferro, Galvani aveva, senza badarvi, messi a contatto tra loro due metalli differenti. Egli concepì il pensiero che forse in questo contatto, e non già in una proprietà fisiologica della rana, fosse riposta la vera origine di quella elettricità. Gli esperimenti parvero favorevoli al suo sospetto, poichè nel fatto egli trovò che le contrazioni della rana erano vivissime se le parti superiori del tronco (propriamente i *nervi lombari*) e le parti inferiori (propriamente i *muscoli crurali*) venivano fatte

comunicare tra loro per mezzo di due metalli diversi, mentre le contrazioni dell'animale risultavano ben più deboli quando la comunicazione dei nervi coi muscoli veniva effettuata per mezzo d'un solo metallo, le cui estremità dovevano trovarsi in diverse condizioni o di temperatura o

di pulimento, ovvero erano state bagnate da liquidi diversi. La rana, secondo Volta, funzionava soltanto come uno squisitissimo elettroscopio atto a rivelare la debolissima elettricità, provocata dal contatto dei due metalli o di due parti d'uno stesso metallo, poste in condizioni fisiche diverse.

L'esperimento può essere facilmente ripetuto: spogliata una rana della pelle e delle interiora (vedi figura 98), e troncata poco sotto gli arti anteriori, in modo che un breve tratto della spina dorsale, rimanga congiunto agli arti

posteriori soltanto per mezzo dei nervi lombari, i quali appaiono sotto l'aspetto di due cordoncini bianchi, si introduce, fra essi e la rimanente porzione della colonna vertebrale, l'estremità d'un arco metallico composto di due porzioni, l'una di zinco, l'altra di rame, congiunte con saldatura. Toccando poscia con l'opposta estremità dell'arco un punto qualsiasi dei muscoli



Fig. 93 CARLO MATTEUCCI.

della gamba (*muscoli crurali*), questa si contrae tosto convulsivamente. Dopo qualche tempo la rigidezza cadaverica impedisce la riproduzione del fenomeno.

Si impegnò allora fra Volta e Galvani una lotta scientifica che rimarrà per sempre memorabile, tanto per l'importanza del soggetto, quanto per la squisita convenienza e dignità con cui i due illustri avversari si combatterono.

Volta applicò direttamente l'uno sull'altro due dischi lisci, l'uno di rame, l'altro di zinco, provvoluti entrambi di mapico isolante, quindi impugnando quei manici separò repentinamente i due dischi ed avvicinò prima l'uno, poscia l'altro, ad un elettroscopio, questi diede segno d'essere elettrizzato positivamente quando gli fu accostato il disco di zinco; rivelò all'opposto elettricità negativa quando giunse a contatto del disco di rame. Perciò Volta stabilì il principio che *due metalli di diversa specie, posti a contatto,*

si elettrizzano entrambi, l'uno positivamente l'altro negativamente, e suppose una particolare *forza elettromotrice* nei vari metalli.

L'unione di due metalli eterogenei, come il rame e lo zinco nel caso or ora considerato, fu detta dai fisici *coppia voltaica*.

Galvani dimostrò allora che per la produzione del fenomeno non è indispensabile la presenza

di due metalli, poichè si possono ottenere le contrazioni anche ponendo sopra un bagno di mercurio purissimo una rana morta e preparata da poco tempo. Posteriormente ei poté pur dimostrare che ad ottenere le contrazioni non era necessario l'intervento d'alcun metallo: denudato un nervo lombare della rana lo ripiegò e lo obbligò a toccare i muscoli della coscia; al momento

del contatto si produsse una viva contrazione. Ora in quest'esperienza non ci entrava alcun metallo e quindi la teoria di Galvani sembrò trionfare; ma Volta la contrastò ancora, ampliò la sua teoria del contatto e stabilì che anche *due sostanze eterogenee quali si vogliono* si elettrizzano contemporaneamente l'una in più l'altra in meno (Vedi pagina 32) non appena sono poste a contatto; siccome però l'elettricità ottenuta dal contatto di due metalli è più energica di quella ottenuta dal contatto di corpi non metallici, ei diede, al primi,

il nome di *elettromotori di prima classe*, e chiamò i secondi col nome di *conduttori uniti od elettromotori di seconda classe*.

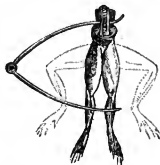
Il professore di Bologna non volle darsi vinto, ideò ed eseguì una delicata esperienza per mettere fuor di dubbio la verità della sua ipotesi; collocò sopra un disco di vetro, una coclea di rana munita del suo nervo lombare e, di fianco



Fig. 97. VOLTA INVENIZIONE LA PILA A COLONNA.

ad essa, una seconda coscia situata nello stesso modo: sovrappose il nervo della seconda a quello della prima: ogni qualvolta le due cosce venivano poste a contatto, le membra dell'animaletto si contraevano. In tal caso non si può ammettere che il contatto abbia luogo fra sostanze eterogenee. Quest'esperienza confermò l'esistenza dell'elettricità animale, che ai nostri giorni, fu messa in chiara luce — come si è già detto — per merito dell'illustre Matteucci.

Quest'esperienza sembrava decisiva, tuttavia anch'essa fu combattuta. Un valente naturalista fiorentino, il Fabbroni (1) scrisse una *Memoria* per dimostrare che le contrazioni della rana non



FL. 98. L'ESPERIENZA DI GALVANI.

provenivano né dal contatto dei metalli, come riteneva Volta, né da elettricità propria della rana, come ammetteva Galvani, ma invece derivavano da un'azione chimica esercitata dall'ossigeno, contenuto nell'aria, sulle superfici dei metalli posti a contatto e sugli umori della rana. Questa Memoria, presentata da Fabbroni nel 1792 all'Accademia di Firenze, contiene i germi della teoria chimica della pila, ormai accettata dalla maggior parte dei fisici; ma a quell'epoca le idee del naturalista fiorentino passarono quasi inosservate. La lotta

continuò viva fra Voltaisti e Galvanisti; tutti i scienziati Europei vi presero parte, gli uni appoggiavano le idee del professore lombardo, gli altri quelle dei bolognesi.

Gli oppositori della teoria del contatto furono finalmente ridotti al silenzio quando Volta ideò e fece conoscere l'ammirabile apparecchio che porta il suo nome. Continuando le sue esperienze relative alla produzione dell'elettricità mediante il contatto di due metalli eterogenei, Volta pensò che se due lamine, l'una di rame, l'altra di zinco, poste a contatto, si elettrizzano, per una ragione che allora era misteriosa e che Volta, come si è già detto, chiamò *forza elettro-motrice*, la riunione di molte coppie metalliche consimili dovrebbe produrre effetti elettrici ben più potenti.

« Se Volta (1) si fosse accontentato di ammuochiare queste coppie l'una sull'altra, gli effetti aspettati non si sarebbero ottenuti. Infatti si avrebbe avuto od una lastra di rame fra due lastre di zinco, od una di zinco fra due di rame: sarebbe stato come mettere un corpo fra due forze che l'urtano o lo tirano in senso contrario e che per conseguenza si elidono.

« Perchè dunque la accumulazione degli effetti elettrici potesse accadere, bisognava inventare una disposizione tale che permettesse ad ognuna delle coppie sovrapposte di agire liberamente come se fosse stata una sola. È questa la grande scoperta del Volta. Prese la sua coppia, che era formata con un disco di rame, sopra cui posò un disco di zinco. Poi sul disco di zinco collocò un disco di cartone o di panno imbevuto d'acqua salata. Allora sopra questo disco bagnato collocò una seconda coppia di rame e di zinco nello stesso ordine della prima; poi un secondo disco bagnato ed una terza coppia di rame e di zinco

(1) GIOV. VALENTINO FABBRONI nacque a Firenze da nobile casato nel 1752. Il granduca Leopoldo ne ammirò l'ingegno e nel 1776 lo inviò a Londra ed a Parigi onde al perfezionasse nelle scienze naturali. Nel 1780 Fabbroni fu nominato secondo direttore del gabinetto di fisica e storia naturale in Firenze. Nel 1790 esaminò diligentemente le miniere e le cave toscane e pubblicò l'opera sul carbon fossile per incoraggiarne lo scavo. Concorse alla compilazione del codice civile e nel 1796, a richiesta della repubblica francese, compilò un epitome della filosofia legislativa di Leopoldo. Nel 1798 fu chiamato a Parigi onde concorrere col fiore dei scienziati alla grand'opera del pesi e misure. Di ritorno in Toscana fu destinato a gravi incombenze scientifiche ed economiche; amministrò la zecca; muniti di porfiriti le polveriere e le torri del litorale toscano. — Riunita la Toscana all'impero francese, Fabbroni fu chiamato a presiedere le operazioni del sistema metrico. Pius lo volle suo deputato, ed fu primo nella lista dei deputati dell'Arno al corpo legislativo di Parigi. Fu nominato membro della legione d'onore e del Consiglio di Stato,

infine direttore dei lavori di ponti e strade al di qua delle Alpi: nel 1811 ebbe il titolo di barone dell'Impero. Caduto Napoleone, Fabbroni ritornato in Toscana, fu nominato professore onorario all'Università di Pisa, commissario delle miniere e membro della commissione del catasto. Morì d'apoplezia nel 1822.

Fabbroni si occupò di argomenti svariati: scrisse d'agronomia o botanica, di economia pubblica e tecnologia, di storia naturale, chimica, fisiologia e medicina, fisica e matematica, d'archeologia e filologia. Di tutto queste sue fatiche al più vedremo delineato catalogo nella Vita di lui, scritta da Andrea Mustoxidi ed inserita nella *Biografia del Tiplido* (Vol. I, p. 337 e seg.). Fu diligente ed acuto indagatore dei fenomeni naturali; le più illustri Accademie lo vollero loro membro. Il principe dei moderni naturalisti, il Cuvier, ne onorò la memoria con uno storico Elogio.

(Estratto dalla Nuova Enciclopedia, Torino, Pomba e C.).

(1) MATTEUCCI C., *La pila di Volta*. Firenze, Civelli 1867, pag. 15.

e così via via. A questo modo ebbe origine la famosa pila a colonna (fig. 97), cioè lo strumento fisico più potente dei nostri tempi.

« Quel disco bagnato interposto fra coppia e coppia lasciava libera d'agire la forza elettromotrice di ogni coppia, e l'esperienza provò che a misura che cresceva il numero delle coppie, cresceva la forza delle elettricità di nome contrario, sviluppate dai due poli della pila. »

Volta fece conoscere la sua invenzione con una lettera ch'egli indirizzò il 20 marzo 1800 all'illustre naturalista Giuseppe Banks presidente della Società reale di Londra.

In questa sua lettera Volta descrive minutamente le esperienze che lo condussero ad ideare la *pila a colonna* alla quale, per l'analogia presentata con l'*organo elettrico naturale* della torpedine (1), ei dà il nome di *organo elettrico artificiale*, descrive inoltre la *pila a corona di tazze*, della quale ripareremo fra breve, fondata sullo stesso principio dell'altra; spiega i fenomeni elettrici presentati dalla pila attribuendoli al contatto dei due metalli eterogenei e raccomanda ai scienziati lo studio di questi fenomeni, pronosticando che i medesimi avrebbero interessato in alto grado i progressi della fisiologia e della medicina.

IV.

La pila a colonna, i reofori, il polo positivo ed il polo negativo. — Paragone fra la macchina elettrica e la pila di Volta. — Donde proviene l'elettricità della pila? — Teoria di Volta o del contatto; teoria chimica. — Circuito aperto e circuito chiuso. — Intensità delle scosse elettriche prodotte da una pila di duecento coppie.

Prima di descrivere l'accoglienza che l'invenzione di Volta incontrò nel mondo scientifico e le importantissime scoperte alla quale essa diede origine, sarà bene che ci fermiamo ad esaminare lo sviluppo dell'elettricità in una pila a colonna (fig. 99). Come già sappiamo la pila a colonna è formata da un certo numero di *coppie voltiche* (dette anche *elementi*) composte di due dischi eguali, l'uno di zinco l'altro di rame, saldati insieme e sovrapposte alternatamente senza che mai vengano a toccarsi i medesimi metalli; fra due coppie successive è interposto un pezzo di panno o cartone bagnato con acqua salata o, meglio ancora, acidulata. Si impedisce la dispersione dell'elettricità appoggiando tutta la pila sopra una lastra di vetro e si impedisce la deformazione della colonna disponendo lateralmente ad essa tre bastoncini di vetro M M' M'', mantenuti immobili sì in base come in sommità mercé dischi di legno. Nella pila rappresentata dalla figura 99 il disco inferiore è di rame, il superiore è di zinco. Il filo metallico applicato a ciascuno dei due estremi della pila dicesi *reoforo* od *elet-*

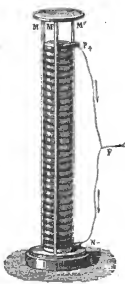


Fig. 99. PILA A COLONNA.

trode, quasi *apportatore della corrente*, *strada o canale della corrente*. — Ancor prima di congiungere i due reofori, esploriamo mercé un elettroscopio (vedi pag. 32) lo stato elettrico dei due dischi estremi: il disco di rame, che forma la base della pila, risulta elettrizzato negativamente, quello di zinco che è alla sommità risulta elet-

(1) Si dà il nome di *torpedine* ad un pesce del Mediterraneo dotato d'un organo particolare atto a provocare energiche scosse, al può toccare una torpedine o non risentire alcuna commozione; ma eccitandola, pungendola ad esempio le narici, la torpedine dà tosto parecchie scariche ad intervalli brevissimi. Continuando a provocarla, le scariche divengono a poco a poco più deboli, però lasciandola riposare alcuno oro, l'animale riacquista la facoltà elettrica. La torpedine era già nota nell'antichità; essa fu descritta da Platonio, da Galieno o da Dioscoride; nei tempi moderni fu studiata dal nostro Spallanzani, poi da Galvani o da Matteucci; quest'ultimo dimostrò ai più



Fig. 100. SCINTILLA ELETTRICA RICAVATA DA UNA TORPEDINE.

increduli che la singolare proprietà della torpedine deriva dall'elettricità ch'essa sviluppa. Ei collocò una torpedine virente fra due piatti metallici isolati (fig. 100) da ciascuno dei quali si innalzava una asticciola metallica provveduta superiormente, d'una piccola sfera; premendo il piatto superiore la torpedine si risente, il dorso ed il ventre riescono elettrizzati l'uno lo più l'altro in meno e le due elettricità contrarie si riuniscono in e fra le due sfere metalliche, provocando una scintilla.

Nei tempi più recenti vennero scoperti altri animali elettrici: il *ginnotto* od *anguilla del Surinam* molto frequente nell'Oreno e nei suoi affluenti; il *siluro elettrico* che vive nelle acque del Nilo e nei fiumi del Senegal; il *trichiuropsis elettrico* proprio dei mari indiani. Il più grande di tutti è il *ginnotto* la cui lunghezza raggiunge persino i due metri o mezzo i selvaggi che conoscono le commozioni del ginnotto, lo utilizzano nella cura della periferia.

trizzato positivamente. « E non solamente questi dischi estremi (1), ma anche un certo numero di dischi vicini al primo di rame, e un certo numero di dischi vicini all'ultimo di zinco, si mostrano elettrizzati, quelli in meno, questi in più. La forza elettrica va peraltro diminuendo dalle estremità della pila verso il suo mezzo: cosicchè v'è una parte media della colonna, dove tutti i pezzi si mostrano allo stato naturale. La qual distribuzione dell'elettricità somiglia tanto a quella del magnetismo in una calamita, che i fisici — come abbiamo già avvertito a pag. 77 — hanno dato il nome di *pili* alle due opposte estremità delle pile, essi chiamano *pilo positivo* quella estremità che si carica d'elettricità positiva e *pilo negativo* quella che si carica d'elettricità negativa. Possiamo dunque dire che una pila equivale ad una macchina elettrica a doppio effetto (come ad esempio quella di Nairne, vedi pag. 41) e che propriamente il suo polo positivo fa le veci del conduttore positivo, e il negativo le veci del conduttore negativo. Ma tra la pila e la macchina v'è questa gran differenza, che, mentre nella macchina bisogna girare il disco di vetro affinché i conduttori si elettrizzino, e scaricati che siano (per esempio toccandoli coi dito) non riprendono l'elettricità se non si torna a girare il disco, nella pila al contrario tutto avviene da sé medesimo; di maniera che si potrebbe seguitare un'intera giornata a far scoccare scintille a brevissimi intervalli di tempo, senza esaurire la forza dell'apparecchio. Il modo più semplice di fare questa prova è di appressare tra loro le punte dei due fili metallici tanto che scatti una scintilla e poi mantenerle immobili in quelle posizione per mezzo di qualche ordigno. La prima scintilla sarà bentosto seguita da un'altra, questa da una terza, da una quarta... e così per lunguissimo tempo. È dunque verissimo che la pila equivale ad una macchina a doppio effetto, ma il più meraviglioso si è che equivale ad una tal macchina che fosse *mantenuta costantemente in moto*. »

Donde proviene questa elettricità delle pile? Volta e la maggior parte dei fisici dei suoi tempi ritenevano che i metalli della pila fossero elettriz-

zati pel solo fatto che si toccano e dicevano che il semplice *contatto* è una sorgente d'elettricità, ammettevano che il panno o cartone bagnato interposto fra le coppie voltaiche serve soltanto a trasmettere da un paio di dischi al successivo l'elettricità acquistata dai dischi pel loro mutuo contatto, e che l'acqua di cui sono imbevuti funziona unicamente come conduttore. E l'usare acqua scidulata piuttosto che acqua pura non gioverebbe, secondo Volta, se non perchè la prima è molto meglio conduttrice della seconda.

Tuttavia, come abbiamo già accennato, le idee di Volta trovarono fin da principio un valente oppositore nel naturalista Fabbioni il quale, già nel 1792, attribuiva lo sviluppo dell'elettricità, nella classica esperienza di Galvani, all'azione chimica del liquido sul metallo più ossidabile. L'opposizione alla dottrina del contatto andò grado grado aumentando; nel 1802, Dal-Negro di Padova emise l'opinione, corroborata da molte esperienze, che l'elettricità sviluppata dalla pila non deriva dal contatto dei due corpi eterogenei, ed avvertendo che l'acqua acidulata intacca il disco di zinco, cioè esercita sovra esso un'azione chimica, attribuì a quest'azione chimica lo sviluppo dell'elettricità. Perrot, professore di fisica all'università russa di Dorpat, e, più recentemente Delarive, Faraday e Matteucci svilupparono e confermarono luminosamente la teoria chimica la quale vuole che l'elettricità della pila abbia origine propriamente colà dove un disco di zinco bagnato è a contatto con un disco di zinco e non già per effetto di questo contatto per sé stesso ma per effetto dell'azione chimica fra lo zinco ed il liquido alla quale il contatto medesimo porge occasione.

Ed ora dobbiamo avvertire un singolare contrasto che v'è fra la pila e la macchina elettrica (1). « Poichè la corrente della pila è molto superiore in forza a quella della macchina, potrebbe credersi che quando i reofori non sono congiunti fra loro, cioè quando i poli si trovano carichi di elettricità senza che possano scaricarsi, queste cariche elettriche saranno più forti di quelle che si riscontrano sul conduttore positivo e sul conduttore negativo della macchina elettrica nelle medesime circostanze. Eppure non è così: una pila anche di molti e ampi dischi, non mostra ai suoi poli alcuna ragguardevole forza d'elettricità; appena è in grado di dare

(1) AMPÈRE, Op. cit., pag. 553.

(1) AMPÈRE, Op. cit., pag. 566.

scintillelle, a sieno attira i corpicelli leggeri: i conduttori della macchina al contrario danno scintille brillanti, attraggono e respingono e gran distanza i corpi leggeri. Così fintanto che il *circolo è aperto*, cioè finché non v'è comunicazione conduttrice fra la parte positiva dell'apparecchio e la negativa, i fenomeni della pila sono molto inferiori a quelli della macchina elettrica. Ma *chiudiamo ora il circuito*, cioè poniamo in comunicazione conduttrice le parti positive dell'apparecchio colla negativa (e il modo solito è quel che s'è visto, di attaccarvi un filo metallico, od anche due fili, che poi si congiungono); e allora le cose si cambiano affatto, comincia un altro ordine di fenomeni, e in questi la macchina rimane molto al disotto della pila. Non si può dunque delle forze che l'elettricità manifesta, quando essa è in equilibrio, argomentare quella che manifesterà poi quando sarà in circolazione: e conviene dire che per produrre in grado notevole i fenomeni della corrente si richieda nell'elettricità qualche cosa di ben diverso da ciò che vi si richiede acciò produca in grado notevole i fenomeni della macchina. In simili modo sappiamo che tra gli effetti del calore alcuni domandano una gran quantità di calorico e poca intensità, altri al contrario domandano una forte intensità e poca quantità: per esempio, ad accendere una carta è necessario un calore intenso; a taliepidre una gran vasca d'acqua fredda è necessaria una gran quantità di calorico. E l'enorme quantità di calorico posseduta da un gran corpo d'acqua bollente sarebbe tanto incapace di accendere un foglio di carta, quanto il vivissimo calore sviluppato da un sol'anello nei bruciarie sarebbe incapace di far bollire l'acqua d'un bagno. E del pari nei fenomeni elettrici altro è ciò che bisogna affinché l'elettricità produca grosse scintille, attragga e respinga vivamente i corpi leggeri, *infusca* potentemente sui conduttori, ecc.; ed altro è ciò che bisogna affinché essa estrarra fortemente il ferro e produca in grado notevole quegli altri fenomeni che vedremo tra poco. I fisici stimano poi che queste differenti condizioni che l'elettricità deve avere per essere alla piùlosto all'uno che all'altro degli accennati due ordini di fenomeni, corrispondano anche precisamente alle due condizioni del calore che ho accennate: vale a dire essi opinano che per cagionare in grande i fenomeni della macchina elettrica, l'elettricità debba essere intensa, e poco importi

che non sia molta; mentre per cagionare in grande i fenomeni della pila, debba esser molta, non importando che sia poco intensa. Hanno trovato altresì che per ottenere dalla pila in grado notevole anche i fenomeni dell'elettricità statica, bisogna accrescere il numero delle coppie; laddove per ottenere quelli della corrente bisogna ingrandirle, che è quanto dire (giusta il concetto esposto or ora) che l'intensità, o *tensione*, dell'elettricità nella pila, aumenta coll'augmentare il numero delle coppie, laddove la quantità dell'elettricità circolante nella pila, finché rimangono invariate le altre circostanze, aumenta coll'augmentare le *dimensioni* delle coppie (1). Perciò desiderandosi una pila che somministri chiaramente tutte due le specie di fenomeni, convenien farla di molte coppie alquanto grandi.

« Impugnando con una mano uno dei reofori d'una pila e l'altro con l'altra, proviamo una scossa simile a quella che producono le più grosse scintille, poi subito un'altra, una terza, una quarta e via via senza tregua, finché non abbandoniamo i reofori. Queste scosse sono più o meno gagliarde, secondochè è più o meno considerevole il numero degli elementi, poco importando poi che ciascun elemento sia grande o piccolo; cosichè è questo uno degli effetti per quali si richiede piùlosto la *tensione* che la *quantità* dell'elettricità. E di qui già indovinate voi stessi che sotto questo rispetto la pila rimarrà al disotto della macchina elettrica, o che in altri termini le scosse prodotte dalla pila non saranno, generalmente, così gagliarde come quelle prodotte dalla macchina. E così è nel fatto: una macchina elettrica di mezzana grandezza è più vigorosa in questo riguardo che non sia una pila anche più che mezzana. S'intende peraltro de sé che, accrescendo il numero delle coppie, la pila può essere recata non solamente a pareggiare, ma a superare nella forza delle scosse le più potenti macchine che mai s'iansi costruite. Per esempio una pila di 200 o 250 coppie può far cedere a terre un uomo, e il prolungato succedersi di tali scosse non è senza pericolo della vita. »

(1) Più precisamente la quantità d'elettricità data dalla pila cresce in proporzione dell'estensione superficiale delle lamine attive a contatto del liquido, ed all'efficienza dell'azione chimica esercitata su di esso, cioè alla quantità del zolfo ossidato e disciolto in un dato tempo su la lamina attiva, se l'altra è inattiva, ovvero all'efficienza dell'azione che si combina col metallo più attivo rispetto a quello che s'ossida, in egual tempo, il metallo meno attivo.

(GASTONI O., Op. cit., pag. 70).

V.

Nicholson e Carlisle decompongono l'acqua mediante la pila. — Il *rollametro* o misuratore dell'elettricità voltaica. — Esperienze di Tromsdorff e di Van Marum. — Pile ad un solo liquido: a truogoli, a corona di tazze, di Wollaston, di Muncke, di Hare. — La pila a secco di Zamboni e la chimera del moto perpetuo. — Importanza delle indagini elettro-fisiologiche.

La lettera indirizzata da Volta il 20 marzo 1800 al presidente della *Società reale* di Londra fu accolta con vivo entusiasmo da quel dotto consenso; uno dei soci, il valente chirurgo Carlisle si affrettò a costruire una pila a colonna, in base alle indicazioni fornite da Volta, proponendosi di sperimentare l'influenza dell'elettricità della pila sugli organismi animali.

La pila costruita da Carlisle componevasi di diciassette coppie, formate di altrettante *mezze corone* (monete inglesi, d'argento, del valore di franchi 2.80), di dischi di zinco e di cartone bagnato. La base della colonnetta era occupata da un disco d'argento, la sommità da un disco di zinco, da ciascuno dei due poli partiva un filo di ferro.

Per procedere con ogni sicurezza nelle esperienze ch'ei proponevasi di eseguire, Carlisle volle effettuarle in unione d'un valente fisico, e perciò ricorse al suo amico Nicholson. Le loro speranze di arricchire la scienza con qualche importante scoperta furono di gran lunga superate, chè giunsero a scoprire notevolissimi fenomeni i quali schiusero nuovi e vastissimi orizzonti alla fisica ed alla chimica.

« I due sperimentatori (1) vollero anzitutto indagare di qual specie, positiva o negativa, è la elettricità che si manifesta alla sommità della pila; a tal fine posero in comunicazione i due fili di ferro con la sommità d'un elettroscopio (fig. 41) questi non diede alcun segno elettrico. Tuttavia Nicholson non disperò del risultato finale, egli attribuì l'esito sfavorevole di questa prima esperienza a mancanza di sufficiente contatto fra i fili di ferro ed i due dischi estremi della pila; per rimediarvi versò alcune gocce d'acqua sul disco di zinco e tuffò in quest'acqua l'estremità del filo di ferro che staccavasi dalla base della pila, ossia dal polo argento. Ma non appena il circuito voltaico si trovò chiuso, i due attenti osservatori si avvidero che nell'acqua che bagnava l'estremità del filo di ferro, svolgevansi

minutissime bolle di gas; nel tempo stesso il loro olfatto avvertì l'odore caratteristico del gas idrogeno.

« Nicholson e Carlisle supposero saviamente che l'acqua fosse stata decomposta dalla corrente elettrica; per accertarsene, interruppero il circuito introducendo un tubo pieno d'acqua fra le estremità libere dei due fili.

« Presero (2 maggio 1800) un tubo cilindrico; riempitolo d'acqua, ne chiusero le estremità con turaccioli di sughero, attraversarono ciascun turacciolo con un filo di rame che perciò penetrava nell'interno del tubo cilindrico; questi fu collocato in posizione verticale; l'estremità libera del filo di rame che usciva dalla base del tubo fu posta in contatto col disco d'argento costituente la base della pila, il filo superiore fu posto in comunicazione col disco di zinco che ne occupava la sommità. Ciò fatto, i due sperimentatori ravvicinarono a poco a poco le due estremità dei fili di rame che penetravano nel tubo. Quando esse si trovarono discoste l'una dall'altra soltanto di 5 centimetri circa, una lunga striscia di bollicine si innalzò dall'estremità del filo inferiore, posta come si è detto, in comunicazione col disco d'argento, mentre l'estremità del filo superiore andava gradatamente oscurandosi, ed infine divenne nera. Lo sviluppo delle bollicine cessava quando gli sperimentatori ponevano a contatto le opposte estremità dei due fili, ma ricominciava non appena i due fili trovavansi nuovamente discosti per breve tratto, però lo sviluppo del gas riusciva tanto più scarso quanto maggiore era la distanza fra le estremità dei due fili di rame. Il gas che pel suo peso specifico, ben minore di quello dell'acqua (1), portavasi a galla sul liquido, occupò, in capo a due ore e mezza uno spazio corrispondente a mezzo centimetro cubo. Mescolando in parti eguali, questo gas con l'aria

(1) Sotto l'ordinaria pressione atmosferica,

un litro d'idrogeno	pesa grammi	0,09
» » d'ossigeno	» »	1,43
» » d'acqua distillata	» »	1000,00

(1) FIORELLI, Op. cit. pag. 627.

atmosfera ed approssimando a questa mescolanza la fiamma d'una candela si ebbe una detonazione; non vi era più dubbio, quello era effettivamente gas idrogeno. L'acqua rimasta nel tubo era torbida, in causa di esilissimi filamenti che eransi a poco a poco staccati dall'estremità del filo superiore e che cadendo sul fondo del tubo vi formavano un precipitato grigio verdastro.

« Così Nicholson e Carlisle riconobbero che l'acqua da essi sperimentata era stata decomposta dalla corrente della pila: il gas idrogeno erasi svolto dall'acqua a contatto dell'estremità d'uno dei due fili, mentre il gas ossigeno, combinandosi col rame dell'altro filo, aveva formato l'ossido di rame (verdrame).

« Nicholson volle ripetere l'esperienza sostituendo al rame un metallo non ossidabile: prese per reofori due fili di platino, e li introdusse, attraverso ai turaccioli di sughero, nell'interno d'un tubo cilindrico ripieno d'acqua. Dall'estremità del filo di platino comunicante col polo argento si svolsero tosto abbondantissime bollicine di gas; l'estremità dell'altro filo comunicante col polo zinco produsse pure delle bollicine, ma in dose minore. L'esperienza durò quattr'ore, tuttavia, in capo ad esse, non si avvertì nell'acqua alcun deposito di sostanze eterogenee, nessuna delle due estremità dei fili di platino rimase alterata dal gas.

« Identico risultato si ebbe sostituendo fili di oro a quelli di platino. »

Per tal modo Nicholson venne alla conclusione che applicando, ai poli d'una pila, dei fili di metallo non ossidabile, ovvero non atti ad entrare in combinazione chimica con l'ossigeno, ed immergendo nell'acqua l'estremità libera dei medesimi, l'ossigeno si svolge da una di queste estremità mentre l'idrogeno si svolge dall'altra. Ei stabilì adunque che facendo uso di fili d'oro o di platino si può decomporre l'acqua e raccogliere separatamente i due gas che la costituiscono.

Nicholson poté facilmente riconoscere che l'ossigeno si sviluppa dall'acqua posta a contatto del polo positivo mentre l'idrogeno si svolge da quella che bagna il polo negativo; ei riconobbe inoltre che il volume di gas idrogeno ottenuto a quel modo è sempre maggiore del corrispondente volume di gas ossigeno, ed eseguendo l'esperienza più volte e con ogni cura ei poté accertarsi che nel tempo in cui un volume d'ossigeno si svolge

dal polo positivo, il polo negativo sprigiona, dall'acqua, doppio volume di idrogeno.

Ripetendo in più modi quest'esperienza, i fisici poterono stabilire con tutta sicurezza che l'acqua è una combinazione chimica di quel due gas riuniti nella proporzione costante di due volumi di idrogeno per ogni volume d'ossigeno.

La figura 101 rappresenta l'apparecchio, noto col nome di *voltmetro*, generalmente impiegato per l'analisi elettro-chimica dell'acqua. Il voltmetro si compone d'una vaschetta di vetro, il fondo della quale è ricoperto d'un mastice isolante. Due fili metallici attraversano il fondo della vaschetta, sporgono dal medesimo per breve tratto e terminano in una lastrina di platino. Ciascuna di queste due lastrine è ricoperta da una campanina di vetro, ripiena d'acqua e destinata a

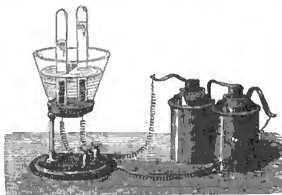


Fig. 101. VOLTAMETRO.

ricevere i gas che si svolgeranno, durante l'esperienza, dall'acqua che bagna le lastrine di platino; le due campanine sono d'egual volume, entrambe sono graduate, il che permette di riconoscere esattamente la quantità di gas che in esse va lentamente raccogliendosi. Ponendo l'estremità libera di ciascuno di quei due fili metallici in comunicazione con uno dei due poli d'una pila si vedrà tosto svolgersi, in seno all'acqua aderente alle lastrine di platino, delle bollicine di gas le quali si raccoglieranno nella capacità superiore delle campanine, scacciandone un corrispondente volume d'acqua. Grazie alla già accennata graduazione si può scorgere, ad ogni istante, che il volume di gas contenuto in una delle due campanine è doppio di quello contenuto nell'altra; analizzandoli si riconosce che quello svoltosi più abbondantemente è idrogeno e che l'altro è ossigeno.

L'interessante scoperta della decomposizione

dell'acqua mercè la pila di Volta fu in breve conosciuta e ripetuta dai chimici, i quali studiando accuratamente quest'importante fenomeno e variandone le condizioni, conseguirono — come diremo fra breve — splendidissimi risultati.

« Un'osservazione di molto rilievo (1) intorno all'esperienza descritta è la seguente: Se abbiamo una pila che continui ad operare con uno stesso grado di forza, poniamo caso, per quattro ore, e facciamo passare in sua corrente per l'apparecchio delle due campane, poi misuriamo la quantità d'acqua che la pila decompone nella 1.^a, nella 2.^a, nella 3.^a e nella 4.^a ora, troviamo che queste quattro quantità sono eguali tra loro. Ma è naturale il pensare che quando una pila conserva il suo grado di forza per un certo numero d'ore, ella somministri una stessa quantità di elettricità in ciascuna di queste ore: dunque è da concludere che una stessa quantità di elettricità decompone sempre una stessa quantità d'acqua. Ciò poi si conferma in altro modo; cioè facendo che ciascuno dei reofori, a qualche distanza dal suo polo, si divida in due, e penetri così in due separati apparecchi della forma descritta, per conseguenza si avranno quattro campane. La corrente sarà costretta in tal modo a traversare due apparecchi invece d'uno solo. Ebbene: l'acqua si decomporrà tanto nell'uno quanto nell'altro; in tutte quattro le campane appariranno i gas, ma la quantità di gas prodotta, ossia la quantità d'acqua decomposta in ciascuno dei due apparecchi sarà minore di quella che la medesima pila nel medesimo tempo avrebbe prodotta attraversando un apparecchio solo. Si misurino queste quantità d'acqua, e si troverà che propriamente la somma delle quantità d'acqua scomposte nelle due vaschette eguaglia quella quantità d'acqua che la corrente avrebbe scomposta passando per una vaschetta sola. È dunque evidente che una data quantità di elettricità non può scomporre in un dato tempo se non una data quantità d'acqua. »

« Or bene: questa proprietà della corrente è utilissima; perocchè se una pila scompone sempre una stessa quantità d'acqua tutte le volte che ella fornisce una stessa quantità di elettricità, egli è chiaro che inversamente tutte le volte che essa avrà decomposta una stessa quantità d'acqua noi potremo inferirne ch'essa ha fornita una stessa quantità di elettricità: e se in una prova avrà decomposto il doppio, il triplo, il quadruplo....

di quell'acqua che ha decomposto in un'altra prova, potremo inferirne che la pila ha generata una quantità d'elettricità doppia, tripla, quadrupla.... A dir breve, la quantità dell'acqua decomposta diventerà per noi una misura della quantità di elettricità: di maniera che per confrontare il lavoro di una pila con quello di un'altra, o col suo stesso lavoro in altre circostanze; per scoprire le relazioni tra certi effetti delle pile ed il consumo di elettricità necessario onde ottenere questi effetti; generalmente, per tutti gli studi quantitativi intorno all'elettricità dinamica, l'apparecchio da scompor acqua sarà un prezioso strumento di misura; è perciò che ricevette il nome di *voltametro*, come a dire *misuratore dell'elettricità voltaica* o dell'elettricità fornita da una pila voltaica.

« Dopo quanto si è detto, riesce facile il ridurre a precisione un concetto che vagamente è già nel pensiero del lettore, il concetto della *intensità* d'una corrente. Il concetto dell'intensità scaturisce qui, come in ogni altra materia, dal confronto tra loro due cose; cioè l'effetto prodotto da quella forza di che si parla, e il tempo che questa forza ha consumato nel produrlo. Quanto è maggiore l'effetto prodotto in un certo tempo, ovvero (che torna lo stesso) quanto è minore il tempo consumato per produrre un certo effetto, e tanto più intensa diciamo la forza. — Quando fa d'uopo solamente di procacciarsi una chiara idea del lavoro che una pila ha prodotto, basterà conoscere la quantità d'acqua che essa ha decomposto; quando invece si desidera acquistare l'idea dell'intensità che una data pila possiede (a cagion d'esempio, per poter prevedere gli effetti ch'essa potrà somministrarci in un'ora, in tre ore, insomma in un dato tempo), allora sarà necessario conoscere anche il tempo richiesto dalla pila per decomporre una data quantità d'acqua. E da tutto ciò si raccoglie che il voltmetro ci procaccia due notizie importanti; quella del lavoro d'una corrente, impiegandolo da solo; e quella dell'intensità d'una corrente, impiegandolo insieme con un orologio, ossia misurando anche il tempo. »

Nel 1801 il fisico tedesco Tromsdorff, costruì una pila con cento ottanta coppie e con questa ottenne bellissimi fenomeni di combustione: collocando successivamente, fra i poli della pila, foglie d'oro, d'argento e di rame, ei poté istantaneamente infiammare questi metalli. Nello stesso

(1) ALESSANDRI, Op. cit. pag. 973.

anno l'olandese Van Marum che aveva a sua disposizione nel Museo Teyler, di Haarlem, una potentissima macchina elettrica a strofinio, istituì una serie di esperienze comparando l'elettricità fornita dalla macchina con quella sviluppata dalla pila di Volta; l'identità fra le due elettricità fu pienamente accertata. Durante queste esperienze Van Marum riconobbe che l'efficacia d'una pila a colonna non aumenta in proporzione del nu-

mero delle coppie che la compongono. Poiché costruendo una pila a colonna con un gran numero di coppie voltaiche, il peso degli elementi sovrastanti, comprime fortemente i dischi di panno o cartone bagnato, ne sprema il liquido che, sgocciolando lungo la base della pila, ne paralizza parzialmente gli effetti. Il fisico olandese pensò di rimediare a quest'inconveniente frazionando la colonna, impiegando cioè parecchie



Fig. 102. Pila a troncelli.



Fig. 103. Pila a corona di tazze.

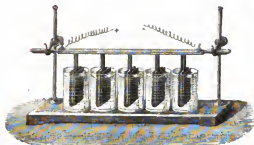


Fig. 104. Pila di Wollaston.



Fig. 105. Pila di Munkel.

pila, di mediocre altezza, congiunte fra loro mercè un conduttore comune. Ma anche questa disposizione fu abbandonata poichè l'acqua con cui furono innappati i dischi di panno o di cartone, si evapora gradatamente e perciò in capo a qualche tempo i dischi rimangono asciutti e la pila cessa di fornire elettricità; quindi una pila a colonna non potrebbe essere utilmente impiegata per esperienze alquanto lunghe. Quest'inconveniente scomparve grazie ad un'ingegnosa disposizione ideata nel 1802 dal fisico inglese

Cruikshank; questi rese orizzontale la pila verticale di Volta. La pila di Cruikshank, detta anche *a truogoli* (fig. 102) è una lunga cassetta parallelepipedica di legno, intonacata di dentro con qualche mastice isolatore dell'elettricità, per esempio, con ceralacca. Questa cassetta è divisa in parecchi scompartimenti o *truogoli* assai stretti ed eguali tra loro, mediante diaframmi che vi furono posti attraverso, e che sono fermati nel mastice stesso del fondo e delle due pareti più lunghe: ciascuno di questi diaframmi è una doppia

lastra di rame e zinco, cioè una lastra di rame saldata con una di zinco. Si empiano tutti gli scompartimenti con acqua acidulata, e ognuno riconoscerà in questo apparecchio una pila: perocchè se rovesciamo una pila a colonna, ponendola in giacitura orizzontale, e poi cambiamo, col pensiero, i dischi di panno bagnato in altrettanti straterelli di acqua acidulata, abbiamo la nuova pila. La cassetta è necessaria unicamente per rattenere questi straterelli d'acqua, e il mastice è pur necessario ad impedire che i diversi straterelli abbiano comunicazione fra loro e li mantiene affatto separati, come è il caso nella pila a colonna. E benchè sotto questo rispetto l'ordigno sia alquanto men semplice del primo, pure la forma più comoda, e soprattutto la maggior durata degli effetti, lo rendono, a conti fatti, molto migliore. Appena è necessario aggiungere che le singole coppie, o doppie lastre, sono disposte in guisa che tutte le lastre di rame guardano da una parte, mentre quelle di zinco guardano tutte la parte opposta. I poli di questa pila sono le due lastre estreme, che per quanto si è detto, devono necessariamente essere di diverso metallo; se, ad esempio, quella di sinistra, indicata con E è di zinco, quella di destra indicata con E' è di rame, ad esse si congiungono i fili metallici destinati a servire da reofori; a tale intento le due lastre estreme sono, solitamente, più alte delle rimanenti, e con un foro ciascuna, da allacciarvi il reoforo.

L'inconveniente derivante dalla rapida evaporazione dell'acqua dai dischi di panno indispensabili nella pila a colonna, fu avvertito dallo stesso Volta, il quale volle rimediarsi assegnando alla pila altra disposizione. Questa *pila*, detta a *corona di tazze* (fig. 103), si compone di una serie di tazze di vetro V parzialmente ripiene d'acqua acidulata, in ciascuna tazza sono immerse due lastre rettangolari, l'una di rame C, l'altra di zinco Z; la lastra di rame collocata nella prima tazza è congiunta mercè un filo metallico A con la lastra di zinco collocata nella seconda tazza, la lastra di rame collocata in quest'ultima è similmente congiunta, mediante un filo metallico, con la lastra di zinco immersa nella terza tazza e così via; per conseguenza nella prima e nell'ultima tazza rimangono abbandonate due lastre metalliche, l'una di zinco l'altra di rame, le quali costituiscono l'una il polo negativo, l'altra il polo positivo della pila, congiun-

gendoli insieme mercè fili metallici si ottiene lo sviluppo della corrente elettrica.

Tanto in questa pila quanto in quella a truogoli le coppie metalliche trovansi costantemente a contatto con l'acqua acidulata, la quale le altera e le corrode assai rapidamente; importava quindi rinvenire una disposizione che permettesse di mantenere nell'acqua le lastre metalliche pel solo periodo di tempo durante il quale si vuol far agire la pila, e ciò senza dover estrarre dalle tazze una ad una le singole coppie metalliche ogniquale volta non si ha bisogno dell'elettricità della pila. L'inglese *Wollaston* raggiunse l'intento assegnando alla pila la disposizione rappresentata dalla figura 104. Ei ripiegò le lastre di rame in guisa da circondare con esse le lastre di zinco senza tuttavia permettere alcun contatto fra le lastre di questi due metalli; immerse le varie coppie voltaiche, così ottenute, in altrettanti bicchieri, stabili poscia una comunicazione metallica fra il rame della prima ed il zinco della seconda, e similmente fra il rame della seconda ed il zinco della terza e così via; per ultimo *Wollaston* fissò la parte superiore di tutte queste coppie ad un regolo orizzontale di legno supportato da due sostegni verticali lungo i quali si può innalzare od abbassarle. Quando la pila deve rimanere inoperosa si preservano i metalli dall'azione corrosiva degli acidi innalzando quel regolo orizzontale e così tutte le coppie metalliche ad esso congiunte vengono contemporaneamente estratte dal liquido.

Muncke di Strasburgo assegnò alla pila di *Wollaston* una disposizione ancor più semplice (fig. 105). In luogo di immergere ogni singola coppia in un bicchiere, egli le collocò tutte in una cassetta, su due lati priva di sponde, la quale vuol essere immersa in altra cassetta (alquanto più ampia e ripiena di acqua acidulata) ogniquale volta la pila deve funzionare. Le singole coppie sono disposte come si è già indicato per la pila di *Wollaston*.

Per ottenere pile molto energiche senza l'inconveniente di dover ricorrere ad apparecchi molto voluminosi, il fisico *Hare* degli Stati Uniti d'America, propose recentemente le *pila ad elice* (fig. 106) costrutte avvolgendo, intorno ad un cilindro di legno B (fig. 107), due lunghe lastre di rame e zinco, per impedire che queste due lastre metalliche (indicate con C e con Z nella nostra figura) si trovino a contatto, entrambe sono guernite

di listerelle longitudinali *lil, lll* di panno mantenute immobili mercò cordoncini di lino. La pila si compone quindi d'un'unica coppia dotata però di superficie estensilissima, le estremità libere delle due lastre metalliche costituiscono i poli della pila, il positivo corrisponde all'estremità della lastra di rame, il negativo a quella della lastra di zinco. Quando la pila deve agire si immerge



Fig. 106. Pila ad elice in bivio.

la coppia spirale così ottenuta in un secchio V (fig. 100) parzialmente riempito d'acqua acidulata e ricoperto internamente di vernice isolante. Queste pile sono notevolissime per la straordinaria potenza che possono raggiungere. Una persona che, imprudentemente, volesse stabilire la



Fig. 107. Particolare della pila ad elice.

comunicazione fra i due poli d'una pila ad elice toccandone contemporaneamente i due reofori, verrebbe uccisa istantaneamente come se fosse colpita dalla folgore. Non si conosce alcuna composizione chimica, conduttrice dell'elettricità, atta a resistere alla formidabile azione dissolvante di queste pile.

Altri sistemi di pile, basati sempre sullo stesso

principio, furono proposti dai fisici, crediamo inutile darne la descrizione poichè le *pila ad un liquido* hanno perduta la loro importanza dal momento che si costruirono apparecchi più perfetti che descriveremo fra breve.

Per rimediare al grave inconveniente derivante dall'azione corrosiva degli acidi, la quale si traduce in un rapido consumo delle lastre di zinco e quindi in un rilevante dispendio, parecchi fisici tentarono emanciparsi dal liquido corrosivo e costruirono delle *pila* che, impropriamente furono dette *secche*.

Il fisico italiano Giuseppe Zamboni si occupò particolarmente di questo argomento; fin dai primi anni della scoperta voltiana, Zamboni rimarcò la forte efficacia elettromotrice posseduta dalle superfici metalliche di quelle due sorte di carta che diconsi comunemente carte d'oro e d'argento, ma che sono realmente di rame le prime e le seconde di stagno o di una lega di stagno e zinco; dopo parecchi tentativi ei riconobbe la possibilità di ottenere l'elettricità mercò una pila formata con quelle due specie di carte senza l'intervento d'alcun liquido, bastando all'uopo l'umidità naturale della carta. L'origine e gli usi della pila costruita da Zamboni e che ora porta il suo nome, furono da lui pubblicati per la prima volta nel 1812, in Verona, nella sua *Dissertazione sulla pila elettrica a secco*. Otto anni dopo ei scrisse su quest'argomento un intero trattato (1).

Ecco come si costruiscono queste pile secondo Zamboni:

Si fa scelta di carta un po' grossa e si copre una delle sue facce con perossido di manganese ben lavato e stemperato nel latte od acqua di gomma; sull'altra faccia poi si colloca una sottile foglia di stagno. L'oscia, dalla carta così preparata, si ritagliano da mille a duemila dischetti eguali, i quali vengono sovrapposti in colonna colle facce eterogenee a contatto, sempre nel medesimo ordine. A ciascuna delle due estremità della colonnetta così formata si applica un dischetto di rame, si comprime la colonnetta, se ne legano le estremità opposte con cordoncini di seta e per ultimo si ricopre con vernice isolante tutta la superficie esterna della pila. Il disco di rame a contatto col perossido di manganese

(1) *L'elettromotore perenne*, Trattato dell'abate GIUSEPPE ZAMBONI, uno dei quaranta della Società Italiana delle scienze. Editore in due parti Verona, 1820.

rappresenta il polo positivo, mentre il polo negativo corrisponde al disco posto a contatto della foglia di stagno. Lo stagno, segnatamente se la carta è un po' umida, si ossida, riducendo il perossido di manganese a minor grado di ossidazione, quest'azione chimica sviluppa l'elettricità che si manifesta, però in debolissimo grado, ai due estremi della pila, i quali persistono, anche per più anni di seguito, a dare segni di tensione elettrica.

La continuità con cui funzionano queste pile, le ha fatte applicare a produrre giuochi curiosi, capaci di far quasi credere al moto perpetuo. Così ad esempio si costruì il piccolo apparecchio rappresentato dalla figura 108. Due pile a secco *ab*, *cd* sono collocate verticalmente sopra un sostegno e sono disposte per modo che mentre nell'una il polo negativo si trova alla sommità, nell'altra la sommità è occupata dal polo positivo; nell'intervallo compreso fra le due pile è collocata una lamina elastica *on*, che può inflettersi ed oscillare come un pendolo intorno al punto *o*; questa lamina è sormontata da una piccola sfera metallica *n* che originariamente trovavasi spoglia di elettricità, ma posta a contatto con uno dei poli, ad esempio col polo *a*, si elettrizza negativamente similmente ad esso e quindi ne è respinta, ma subito dopo è attratta dal polo *c*, a contatto del quale si elettrizza com'esso positivamente e quindi tosto lo abbandona, ritorna per un istante a contatto col polo *a*, si elettrizza negativamente e così continua ad oscillare finché la pila rimane attiva. Facendo uso d'un sistema analogo a quello ora descritto, si riesce a mantenere in movimento, per più anni di seguito, il pendolo d'un piccolo orologio.

Zamboni ed altri fisici credettero che queste pile risolvessero finalmente il tanto accarezzato problema del *moto perpetuo*, ma la teoria — il come lo diremo fra breve — e l'esperienza dimostraron l'errore. Ed infatti si riconobbe che la forza elettrica sviluppata da queste pile va gradatamente diminuendo in causa della lenta ma continua alterazione che l'azione chimica produce nei due metalli posti a contatto.

Fra i numerosi e singolari fenomeni che si possono produrre con la corrente elettrica, quelli



Fig. 108. PENDOLO MANTENUTO IN MOVIMENTO DA PILE A SECCO.

detti *fisiologici* destarono — sul principio del corrente secolo — la più viva impressione in ogni classe della società. — Il desiderio di rinvenire un legame fra l'elettricità sviluppata dalla pila ed i fenomeni vitali indusse un gran numero di fisiologi a seguire il consiglio di Volta ed a studiare con ogni cura l'influenza esercitata dalla corrente elettrica sull'economia animale.

In queste interessanti ricerche si distinsero particolarmente i professori Vassalli-Eandi, Giulio e Rossi di Torino, il professore Aldini di Bologna — nipote di Galvani — ed il medico inglese Ure. — Alcuni singolarissimi fenomeni manifestatisi nel corso di esperienze elettriche istituite da quei scienziati sopra cadaveri di delinquenti, poche ore dopo il supplizio, fecero concepire all'umanità le più ardite speranze; a giustificarle basterà rammentare che l'elettricità ridonava apparentemente la vita a quei cadaveri. — Però le rosee speranze svanirono assai presto, poichè i fisiologi si affrettarono a dichiarare che i movimenti muscolari, prodotti dalla corrente elettrica sugli animali uccisi da poche ore, non sono per nulla più interessanti di quelli che si possono ottenere con altri stimolanti, come sarebbero l'ammoniaca ed alcuni acidi molto concentrati.

Gli angusti limiti di questo scritto non ci consentono di riferire particolareggiatamente quelle esperienze e quei fenomeni, dobbiamo perciò limitarci al cenno sommario già datone (pag. 78); il lettore che bramasse conoscerli potrà rinvenirne l'accurata descrizione nelle opere di Aldini (1) e di Ure (2), tuttavia stimiamo opportuno trascrivere una giusta riflessione del Figuier, il quale, dopo d'aver messo in evidenza che la corrente elettrica è ben più energica di qualsiasi altro stimolante e che essa esercita la sua influenza anche quando tutti gli altri stimolanti riescono completamente inefficaci, così si esprime (3): « Lo studio dell'elettricità animale, la dottrina dell'identità o dell'analogia dell'elettricità col fluido nerveo, fu, quant'anni or sono, l'oggetto d'un

(1) *Essai théorique et expérimental sur le galvanisme, avec une série d'expériences faites en présence des commissaires de l'Institut National de France et en divers amphithéâtres anatomiques de Londres*, par Jean Aldini professeur de l'Université de Bologna. 2 vol., avec planches. Paris au XII (1804).

(2) *Esperienze fatte sul corpo d'un delinquente subito dopo l'esecuzione, con osservazioni fisiologiche e filosofiche del medico Andrea Ure, letta alla Società Letteraria di Glasgow il 10 dicembre 1818*, pubblicato nel *Journal of Sciences and arts*, N. 12.

(3) *Op. cit.*, pag. 662.

entusiasmo quasi unanime in tutto il mondo scientifico. Queste idee sono oggi completamente abbandonate. Alla nostra generazione spoglia dello slancio entusiastico con cui fu da principio accolta questa scoperta, e che non nutre sprezzo sistematico per nessuna teoria, spetta l'importante ufficio di studiare a fondo quest'importante

argomento. Vogliam quindi sperare che la scienza contemporanea tenterà di assoggettare alla scrupolosa sanzione dell'esperienza e dell'induzione, fenomeni che presentano pari interesse alle meditazioni della filosofia, alle ricerche sperimentali della fisica ed alle benefiche applicazioni dell'arte salutare. »

VI.

La lettura *Bakeriana* del 1806. — Analogie presentite dai chimici e dimostrate da Davy decomponendo le basi terrose. — Scoperta di nuovi metalli. — Progressi della chimica. — Perfezionamento delle pile. — Pile a corrente costante: di Danieli, di Grove e di Bunsen. — Pregi singolari dello zinco amalgamato e dello zinco distillato. — Calore generato dalla corrente elettrica e sua trasformazione in lavoro. — Speranza per l'avvenire dei motori elettrici.

La pila di Volta quasi abbandonata dai fisiologi fu invece accuratamente studiata dai chimici; l'importante scoperta della decomposizione elettro-chimica dell'acqua, effettuata per la prima volta da Nicholson e Carlisle indusse molti sperimentatori ad assoggettare alla stessa analisi un gran numero di corpi; tutti i chimici d'Europa portarono alla scienza il loro tributo d'osservazioni e scoperte. Tuttavia essa non poteva accontentarsi come verità inconfutabili, certi fatti che ancor rimanevano indecisi dovevano essere assoggettati ad una severa discussione; i molteplici fenomeni, scoperti da un gran numero di osservatori, contenevano bensì i germi di una grande rivoluzione scientifica, tuttavia presi isolatamente avrebbero giovato ben poco, era me-

stieri raccogliarli, ordinarli, ricavarne qualche importante conclusione. Un giovane chimico inglese, Onofrio Davy (1), si assunse questo nobile compito; quest'illustre scienziato abbracciò col potente suo sguardo le singole scoperte fino allora effettuate con la pila, giunse a collegarle ed applicandole sagacemente alla chimica riformò completamente questa scienza.

Davy diede pubblicità alle sue idee nella lettura *Bakeriana* (2) del 27 dicembre 1806; in essa ei comunicò al mondo scientifico la classica memoria *sull'azione chimica dell'elettricità*. Questa memoria di Davy (3) comprende un'accurata esposizione delle delicatissime esperienze da lui eseguite mercè la pila e dei fenomeni da lui osservati nel corso delle medesime impiegando successi-

(1) Onofrio Davy nacque il 17 dicembre 1778 a Penzance, nella contea di Cornovaglia, suo padre era un povero inagiatore in legno. A 16 anni, mortogli il padre, fu collocato presso un chirurgo farmacista di Penzance, manifestò vivo amore allo studio e poté coltivarlo con ardore, le sue attenzioni dirigersi in particolare alle scienze naturali. Non ancora ventenne, fu levitato alla direzione dell'Istituto politecnico di Bristol, dal dottor Edmonds che lo aveva fondato. Nel 1801 fu chiamato a Londra, professore aggiunto di chimica all'Istituto reale e l'anno appresso vi fu nominato professore primario. Dal 1803 al 1807 si occupò specialmente del galvanismo e dell'elettrochimica, dell'analisi delle sostanze vegetali e minerali, relative all'arte del coaculator e dell'analisi delle sostanze minerali, avendo in mira il progresso della geologia e della chimica agraria. Sul cadere del 1807, Davy annunciò la decomposizione della potassa e della soda, mercè la corrente elettrica. In seguito analizzò altre sostanze alcaline ed ottenne risultati consimili, per le quali scoperte, che invano grandissimo rumore in Europa, egli ottenne il premio di 2000 lire, decretato dall'Istituto di Francia per l'autore di qualche grande scoperta elettrica, sebbene frezzasse allora la guerra fra le due nazioni rivali e la scoperta di Davy rinvicciava inasprimento la teoria degli acidi già stabilita dal chimico francese Lavoisier. Le varie memorie scientifiche, scritte da Davy dal 1804 al 1814, furono tutte pubblicate nelle *Trattazioni filosofiche della Società reale*. Dall'anno 1810 al 1812, si diede alle stampe gli *Elementi della filosofia chi-*

mica; l'anno appresso ei pubblicò gli *Elementi di chimica applicata all'agricoltura*. — Le sue ricerche scientifiche, fruttarono all'umanità le benedite lampade di sicurezza, preziosissima invenzione, che per richiamare il minatore nei suoi sotterranei lavori, non permette l'accensione e lo scoppio del gas infiammabile. Nel 1800 fu fatto presidente della Società reale e conservò quest'alta carica fino al 1827, nel qual anno dovette, per la sua mal ferma salute, rinunciare alle molteplici sue occupazioni. Imprese allora un lungo viaggio sul continente, quando, nel viaggio di ritorno, giunse a Ginevra, il 25 maggio 1829, fu colto da repentino male, che lo tolse di vita all'indomani.

Il fratello ne scrisse la vita ed entrò in minuti particolari sui molteplici lavori scientifici, che posero Onofrio Davy nel novero degli uomini più illustri di questo secolo. Ogni maniera d'onorificenze gli era stata tributata in patria e fuori, il governo lo aveva fatto baronetto. Era amato ed eloquentemente parlato, caro a tutti e desiderato nelle più elite società di Londra.

(2) Baker, scienziato inglese, morì nel 1774, legò una rendita annua di cento sterline (circa 2500 franchi) per un discorso, che dove essere pronunciato da un membro della Società reale, intorno a qualche importante soggetto di filosofia naturale. Davy fu incaricato della lettura *Bakeriana* per cinque anni consecutivi, dal 1805 al 1810.

(3) Pubblicata nelle *Philosophical Transactions*, 1807.

vamente: acqua pura, acqua contenente sali in essa solubili come i solfati di potassa, di soda, di allume, d'ammoniaca, ecc., ed infine acqua contenente sali in essa insolubili, come ad esempio i solfati di calce, di barite, di stronziana; ei stabilì che sotto l'influenza della pila, tutti i corpi composti possono, come l'acqua, venir risolti nei loro elementi, e che in queste scomposizioni i corpi acidi si raccolgono costantemente intorno al polo positivo mentre i corpi basici si raccolgono sempre al polo negativo.

Nel 1807 Davy fece conoscere l'importante scoperta che rese immortale il suo nome; la decomposizione chimica degli alcali e delle terre.

Questa proprietà della corrente elettrica di scomporre i corpi attraverso ai quali essa passa, formò — come diremo — il soggetto di profondi studi dei fisici e dei chimici. L'inglese Faraday diede il nome di *elettroliti* alle sostanze suscettibili d'essere decomposte dalla corrente; *elettrolisi* il fenomeno della decomposizione, denominò *anodo*, il reoforo positivo della pila — dal quale, durante l'elettrolisi svolgonsi gli acidi — e chiamò *catodo* il reoforo negativo — dal quale svolgonsi le basi.

I naturalisti avevano già avvertita la rassomiglianza chimica delle terre, come la barite, la calce, la magnesia, ecc., con gli ossidi metallici e la rassomiglianza degli ossidi metallici con gli alcali, ossia la potassa, la soda e l'ammoniaca. Le esperienze di Davy confermarono pienamente quelle supposizioni. Collocato un pezzo di potassa a contatto coi due reofori d'una pila, l'alcali si liquefece pel forte calore sviluppato dalla corrente elettrica, intorno al reoforo positivo si manifestarono bollicine di gas ossigeno, intorno al reoforo negativo apparirono piccoli globuli di colore e d'aspetto simile al mercurio, ma tanto infiammabili ed avidi d'ossigeno che appena formati si ossidavano di bel nuovo pel contatto coll'aria atmosferica, e ricoprendosi d'una corteccia bianca riproducevano la potassa. Gettando quei globuli nell'acqua si accendevano presto ed abbruciavano

spandendo vivissima luce. Davy aveva così decomposta la potassa in ossigeno ed in un metallo fino allora sconosciuto cui si diede il nome di *potassio*.

Giustamente si attribuisce grandissima importanza a questa scoperta, poichè essa fu il punto di partenza per una lunga serie di scoperte consimili. Conosciuta la composizione chimica della potassa si poté stabilire per analogia la composizione della soda e delle altre basi terrose. Non appena ebbe scomposta la potassa, Davy si affrettò ad analizzare la soda e questa, come già ci prevedeva, risultò decomposta in ossigeno ed in nuovo metallo che accumulavasi intorno al reoforo negativo. Al nuovo metallo fu dato il nome di *sodio*.

Valendosi del metodo di Davy, Berzelio (1) — illustre chimico di Stoccolma — riescì a decomporre la barite, la calce, la silice, l'allumina e la glucina, le quali sostanze sono altrettanti ossidi ossia combinazioni coll'ossigeno di *bario*, *calcio*, *silicio*, *alluminio* e *glucinio*.

I chimici di tutto il mondo si affrettarono ad assoggettare altri corpi all'energica azione della corrente elettrica, e sebbene queste delicate esperienze presentino non poche difficoltà, pure poterono superarle felicemente ed i loro sforzi riescirono coronati da felicissimo esito, chè nel volgere di pochi anni accrebbero notevolmente l'elenco dei corpi semplici e perciò allargarono smisuratamente il campo della chimica e delle sue applicazioni industriali. Nel tempo stesso progredì pure lo studio dei fenomeni fisici provocati dalla corrente elettrica, che piegandosi ai voleri dell'uomo diede del parl'origine ad utilissime e svariatissime applicazioni. Di queste parleremo partitamente nel seguito di questo volume, le accenniamo ora poichè furono la causa di ulteriori perfezionamenti nell'invenzione di Volta.

Fra le applicazioni della pila parecchie richiedono che l'intensità della corrente si mantenga costante per più ore e talvolta, anche per più giorni di seguito, questo scopo non è raggiunto da nessuno

(1) Giacomo Berzelio nacque il 20 agosto 1779 a Westerståa nell'Ostergötta (Svezia). Dopo d'aver studiato medicina e scienze naturali nell'Università di Uppsala, si consacrò particolarmente alla chimica. Nell'anno 1806, fu nominato professore di chimica o farmacia a Stoccolma, nel 1818 divenne segretario perpetuo dell'Accademia delle scienze di quella città, e corpi tal carica fino alla sua morte. Le sue importanti scoperte scientifiche e le sue virtù cittadine, gli procurarono la stima universale; il re lo nominò barone, i suoi compaesani lo inviarono loro rappresentante alla dieta svedese. — I lavori scientifici di Berzelio, si distinguono per rigorosa preci-

sione, scrupolosa esattezza ed una costante tendenza alle utili applicazioni; le numerose sue scoperte lo collocano fra i fondatori della chimica moderna; fu uno dei primi a trarre partito dalla teoria elettro-chimica; impiegando la corrente elettrica, giunse a scoprire parecchi corpi semplici, ricavò il niobio (silicio, torio, zirconio, calcio, bario, stronzio, tantalio o vanadio) da vari ossidi. — Pubblicò un esatto pregiato *Trattato di Chimica* che vide la luce per la prima volta a Stoccolma dal 1803 al 1818; la quinta edizione di questo trattato che doveva riassumere tutta l'operosa carriera scientifica di Berzelio, rimase troncata dalla morte che lo colpì il 7 agosto 1848.

del sistemi di pile precedentemente descritto, ch  in tutte le pile da noi menzionate, la corrente perde a poco a poco della sua intensit  e, dopo un tratto di tempo pi  o meno lungo, cessa affatto di operare. Esamineremo dapprima la cagione di questo fenomeno e descriveremo poscia vari sistemi di pile destinate a produrre una corrente uniforme o costante anche per lunghissimo tempo.

« Come (1) per mezzo dei reofori d'una pila si pu  decomporre un liquido posto da lontano in un vaso separato, cos  per mezzo de' suoi *elettromotori* (cio  dei due metalli ond'  costituita ogni coppia) essa decompone continuamente *il suo medesimo liquido*. Ora,   agevole intendere come questa decomposizione del liquido della pile debba togliere a poco a poco ogni forza alla corrente elettrica. Esaminiamo, per esempio, la pila a truogoli e quella a corona di tazze; poich  della pila a colonna gi  sappiamo che, quando pure fosse scevra da ogni altro inconveniente, non potrebbe fornire una corrente uniforme perch  i dischi di panno o di cartone si asciugano rapidamente. Tanto nell'una quanto nell'altra ogni scompartimento delle pile (truogolo o tazza) contiene il rame d'una coppia, il zinco della seguente, ed acqua acidulata — generalmente con acido solforico. — Or bene; sotto l'influenza della corrente quest'acqua acidulata si decompone; l'idrogeno si svolge sulla superficie dell'elettromotore negativo, cio  del rame; l'ossigeno su quella del positivo, cio  dello zinco; questo ossigeno ossida lo zinco: quest'ossido si combina coll'acido solforico, e forma solfato di zinco; questo solfato si scioglie, ed   ben presto decomposto nuovamente nei due componenti che un momento prima lo hanno formato, cio  in acido solforico ed ossido di zinco; dei quali il primo si raccoglie intorno alla lastra di zinco, il secondo intorno a quella di rame. Finalmente quest'ossido di zinco viene dissolto o *ridotto* dall'idrogeno col quale lvi si incontra; e per conseguenza il finale risulato si   che sulla lastra di rame vien depositandosi continuamente *zinco metallico*. Or questo rimane in gran parte aderente alla lamina di rame, e cos  questa va a poco a poco occultandosi sotto una copritura di zinco: perch , dopo alcun tempo, il liquido del truogolo o della tazza si trova a contatto non pi  col rame da un lato e collo zinco dall'altro, sibbene collo zinco da

entrambe le parti; e quindi le due superfici bagnate dal liquido non sono pi  eterogenee; ora — secondo la teoria chimica — le coppie si elettrizzano quando il liquido nel quale sono immerse intacca non solo dei due corpi che le compongono o per lo meno quando uno dei due corpi   intaccato pi  vivamente dell'altro: e tale differenza di azioni chimiche non pu  esservi quando le due superfici esterne della coppia sono omogenee. Per conseguenza una condizione fondamentale di ogni pila   l'*eterogeneit  degli elettromotori*. Posto il qual principio,   evidente che tutte quelle circostanze le quali tendono a togliere tale eterogeneit , tendono quindi a togliere forza alla pila; e che perch  il fenomeno elettrolitico descritto or ora, pel quale il rame di ciascuna coppia va a poco a poco ricoprendosi d'uno strato di zinco,   un fenomeno che tende ad estinguere la corrente che lo determina.

« Un'altra circostanza che cospira a quest'effetto si   che non tutto l'idrogeno sviluppato sulla lastra di rame va consumato nella riduzione dell'ossido di zinco, cio  non tutto si combina coll'ossigeno di quest'ossido, dopo averne scacciato lo zinco: ma una parte rimane aderente, in forma di bollicine, alla stessa lamina di rame. Or si   trovato che ci  pure nuoce singolarmente alle forze della pila; e la ragione   che *il gas idrogeno   un elettromotore esso pure*. Affine d'intendere come di qui possa nascere un indebolimento della pila, figuriamoci, per esempio, una pila a truogoli, e supponiamo (unicamente per fissar le idee) che le facce zinco delle doppie lastre sieno rivolte a sinistra e le facce rame a dritta. Da principio, percorrendo coll'occhio la cassetta da sinistra a dritta, incontreremo acqua acidulata, zinco, rame, acqua acidulata, zinco, rame, ecc. Figuriamoci adesso che, dopo alcun tempo che la pila lavora, le facce rame si trovino coperte d'uno straterello o velo di gas idrogeno: allora, scorrendo ancora coll'occhio nella stessa maniera la lunghezza della cassetta, incontreremo acqua acidulata, zinco, rame, gas idrogeno, acqua acidulata, zinco, rame, gas idrogeno, ecc. Dunque, a contatto coll'acqua acidulata, non avremo pi  zinco e rame, sibbene zinco ed idrogeno, comunicanti fra loro per mezzo del rame. Chi non ravvisa pertanto in questo apparecchio cos  alterato una nuova pila, nella quale al luogo del rame si   sostituito l'idrogeno? Che lo zinco poi non sia in contatto con questo idro-

(1) *Annali di Chim. e Fis.*, pag. 200 e seg.

geno, ma solamente in comunicazione conduttiva con esso, ciò non fa nulla; poichè si è già veduto che gli elettromotori d'una pila, per esempio in quella a corona di tazze (fig. 103) producono il loro effetto sebbene non sieno a contatto e comunichino tra loro per mezzo d'un metallo interposto (nella nostra pila a corona di tazze la comunicazione è stabilita dai fili metallici A, A...). Questo apparecchio sarebbe dunque una pila singolare di zinco e gas idrogeno. Or bene: questa pila avrebbe i poli situati al rovescio dell'ordinario, cioè il polo negativo da quella parte verso la quale sono rivolte tutte le facce di zinco, e il positivo dalla parte opposta: perocchè l'idrogeno si comporta collo zinco in maniera contraria a quella che tiene il rame; in una pila di zinco e rame, il zinco, come si è detto, tende ad elettrizzarsi positivamente, ed il rame negativamente; in una pila di zinco e idrogeno è precisamente il contrario: lo zinco è negativo e l'idrogeno positivo. Torniamo adesso dal caso supposto al caso reale: nella realtà l'idrogeno non arriva mai a coprire tutta la superficie del rame; in certi punti vi rimane aderente, in certi altri si combina coll'ossigeno svincolato dallo zinco, in certi altri ancora si stacca dalla lamina e sale a galla in bollicine. Perciò l'effetto non è così grande come sarebbe nel nostro supposto, cioè non avviene che i poli della pila precisamente si rovescino; ma tuttavia quelle parti del rame che si coprono d'idrogeno bastano a diminuire assai l'intensità della corrente, col far nascere (dirò così) nella pila altrettante pile che agiscono in modo contrario. » Questo fenomeno, unitamente alla circostanza che gli elettromotori divengono sempre meno eterogenei in causa dello zinco che si depone sul rame ed all'altra circostanza del graduale indebolimento del liquido acidulato, il quale fa le spese tanto della trasformazione dello zinco in solfato di zinco quanto della decomposizione dell'acqua, chiariscono il motivo per cui tutte le pile simili a quelle da noi precedentemente descritte sono in grado di somministrare solo correnti *variabili* e di *poca durata*.

Diremo ora in qual modo i fisici, desiderosi di rimediare a questi due inconvenienti, inventarono pile che forniscono una corrente *durevole* e *costante*. — La prima pila dotata di questa proprietà fu ideata nel 1829 dal fisico francese Becquerel; questi costruì una pila, ciascuna coppia della quale si compone di due lamine me-

talliche immerse in una soluzione salina, separate da un diaframma poroso. Ma la poca intensità delle correnti sviluppate da queste pile e le incommode disposizioni proposte da Becquerel ne impedirono la diffusione. Il difficile problema fu risolto nel 1836 dal chimico inglese Daniell, che ideò la pila che porta il di lui nome (fig. 109). Tanto in questa quanto in quelle posteriormente ideate da Grove e da Bunsen, gli elettromotori non sono immersi in un medesimo recipiente, ma in due recipienti o piuttosto in due compartimenti di un recipiente, separati da una parete o diaframma di qualche sostanza molto porosa. Un'altra particolarità, nella quale le tre pile accennate si rassomigliano, mentre le differenzia dalle pile variabili che già conosciamo, sta in ciò: mentre queste contengono un liquido solo, quelle ne contengono sempre due. Uno dei liquidi è posto in uno degli anzidetti compartimenti, l'altro nell'altro; perciò l'uno circonda e bagna l'elettromotore positivo, l'altro il negativo. E finalmente in tutte le tre pile costanti, che ora descriveremo, l'elettromotore positivo è lo zinco ed il liquido che lo circonda è acqua acidulata con acido solforico; esse differiscono l'una dall'altra unicamente nell'elettromotore negativo e nel liquido che lo bagna.

La pila di Daniell presenta comunemente la forma indicata dalla figura 109. Nell'ampio bicchiere V sono immersi tre cilindri cavi, di diverso diametro; il minore, C, è di rame, il maggiore, Z, è di zinco, l'intermedio, D, formato di terra porosa poco cotta e non verniciata e che appunto perciò può essere attraversata dal gas, è provveduto di fondo; i due cilindri metallici C e Z sono fessi longitudinalmente, a ciascuno di essi è saldata una striscia di rame, queste due strisce costituiscono i due reofori della pila.

L'acqua acidulata riempie lo spazio anulare fra le pareti interne del bicchiere V e le pareti esterne del vaso cilindrico D; la capacità interna di quest'ultimo contiene una soluzione satura di solfato di rame (vitriolo azzurro).

La figura 110 rappresenta un'altra disposizione della pila di Daniell; procedendo da destra verso sinistra si scorge: il vaso di terra porosa, la lamina di zinco — ripiegata in guisa da abbracciare esternamente quel vaso — una vaschetta di vetro nell'interno della quale vedesi una lamina di rame, per ultimo, a sinistra, è rappresentata la pila completa, cioè la vaschetta di vetro

ripiena d'acqua acidulata, nella quale sta immersa la lamina di zinco che accoglie nella sua concavità il vaso¹⁾ poroso contenente la soluzione di vitriolo azzurro che circonda la lamina di rame, tanto dalla lamina di rame come da quella di zinco partono i fili metallici o reofori della pila.

La pila ideata dal chimico inglese Grove, nel 1839, per avere una corrente più energica di



Fig. 109. PILA DI DANIELL.

quella ottenuta dalla pila di Daniell, è rappresentata dalla figura 111. Anche qui vediamo un bicchiere V, nel quale è collocato il vaso cilindrico D di terra porosa; lo spazio anulare fra il bicchiere ed il vaso contiene del pari acqua acidulata con acido solforico, però l'interno del vaso poroso contiene acido nitrico ordinario ed in questo è

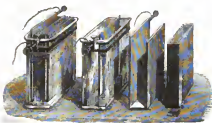


Fig. 110. PILA DI DANIELL A PARTI CHE LA COMpongono.

immersa una lamina di platino P. Il nastro metallico saldato su quest'ultima costituisce il reo-

foro positivo; l'altro nastro, saldato sul cilindro di zinco, forma il reoforo negativo.

Questa pila è realmente più energica di quella di Daniell, poichè il platino accompagnato allo zinco si elettrizza più fortemente del rame: ma il platino non solo è molto raro e costosissimo, ma ha inoltre il grave difetto che, dopo aver fatto per qualche tempo il suo ufficio nella pila,



Fig. 111. PILA DI GROVE.

diviene fragilissimo, sicchè nel maneggio facilmente, si spezza; ed il platino essendo il più refrattario dei metalli, non è sostanza che si possa agevolmente racconciare. Perciò conveniva rinvenire una sostanza non meno energica, ma nel

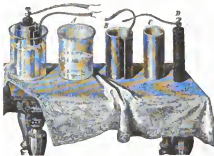


Fig. 112. PILA DI BUNSEN A PARTI CHE LA COMpongono.

tempo stesso meno dispendiosa del platino; a ciò provvede l'illustre chimico Bunsen (1), il quale

(1) ROBERT GUSTAVUS BUNSEN, nacque a Göttinga il 30 marzo 1811; studiò scienze naturali in quell'Università, imprese quindi lunghi viaggi in Germania, in Francia, in Italia e nelle isole Scandinave, i quali perfezionarono in già vaste sue istruzioni scientifiche. Nel 1841 fu nominato professore titolare di chimica e fisica nell'Università di Marburg, nel 1851 fu chiamato alla stessa carica nell'Università di Breslavia. Ad esso si devono: *Descriptio Appareaturum* (Göttinga 1830), *Fluorhydrat, das gegenglied des wasserstoffs, des wasserstoffs und der wasserstoffs Säure*

(l'idrato di ferro, contraveleno dell'arsenico bianco e dell'acido arsenioso) (2^a ediz. Göttinga 1837), un gran numero di memorie di chimica, fisica e mineralogia inserite negli *Annali di chimica*, di Liebig ed in altre raccolte. Fra le sue memorie, meritano d'essere ricordate quelle relative alla fotometria ed alla costruzione della pila a carbone che porta il di lui nome e che rende preziosi servizi e parecchie sue industrie.

inventò nel 1843 la *pila a carbone*, rappresentata dalla figura 112. La pila completa è rappresentata a sinistra, lateralmente ad essa — verso destra — stanno le singole parti che la costituiscono. A è un bicchiere di vetro contenente acqua acidulata, in questa si immerge la lamina di zinco B ripiegata in forma cilindrica, con fessura longitudinale; nell'interno di questo cilindro di zinco si colloca il vaso di terra porosa C, contenente acido nitrico, nel quale si immerge un cilindro massiccio di carbone D; sulla sommità di questo cilindro è fermato — mediante vite — un nastro metallico costituente il reoforo positivo della pila, mentre il reoforo negativo è formato da un nastro consimile saldato sul cilindro cavo di zinco. Il cilindro D è un misto di carbone grasso e di arso (*coke*) ridotti in polvere, compressi fortemente entro una forma di ferro, e scaldati così fino ad altissima temperatura; il carbone così preparato riesce ancor più energico del platino — impiegato nella pila di Grove — nel sviluppare la corrente elettrica quando si accompagni allo zinco, ed inoltre non ha lo svantaggio di esser caro, nè di farsi fragile. Il solo inconveniente delle pile di Bunsen, comune con la pila di Grove, è di sparger nell'aria — come diremo fra breve — molesti vapori di acido nitroso.

« Vediamo (1) ora d'intendere come queste pile vadano esenti dalle pecche notate qui sopra nelle altre, e possano per conseguenza somministrare una corrente uniforme e di lunga durata. Anzi tutto è chiarissimo che il diaframma poroso ripara al primo inconveniente, cioè al dannoso deporsi dello zinco sull'elettromotore negativo. Perocchè nella cella dello zinco si forma bensì, come al solito, il solfato di zinco, che si discioglie nell'acqua acidulata; ma il diaframma poroso è di ostacolo a che questa dissoluzione si mescoli coll'altro liquido, e arrivi così all'elettromotore negativo, dove sappiamo che il solfato dovrebbe lasciare in libertà il suo ossido di zinco per effetto della corrente elettrica, e l'ossido dovrebbe poscia abbandonare il suo zinco per effetto della prepotente affinità dell'idrogeno che ivi si trova. Dunque coll'impedire la mescolanza dei liquidi il diaframma impedisce che lo zinco si deponga sull'elettromotore negativo, e che diminuisca perciò l'eterogeneità degli elettromotori. L'esperienza ha poi dimostrato che esso non impedisce

panto la comunicazione conduttiva di un liquido coll'altro, epperò nemmeno la produzione della corrente. È ben vero che il diaframma essendo poroso non impedisce assolutamente ai due liquidi di meschiarsi (per endosmosi o esosmosi), ma siccome tale meschianza avviene con grande lentezza, e siccome d'altro canto per altri motivi bisogna rinnovare i liquidi di tempo in tempo, così nella pratica il diaframma serve benissimo allo scopo già indicato; giacchè il periodo di tempo che i due liquidi rimangono nelle celle non è sufficiente a permettere una sensibile mescolanza.

« Rimarrebbe l'altro inconveniente delle pile anticamente descritte, cioè il soffermarsi dell'idrogeno sull'elettromotore negativo: ed anzi l'inconveniente sarebbe cresciuto, poichè non arrivando più a questo elettromotore l'ossido di zinco, nessuna parte dell'idrogeno vien consumata nel ridurre quest'ossido. Ma a ciò si rimedia per mezzo dell'altro liquido. Nella pila alla Daniell l'elettromotore negativo è il rame, e il liquido che lo bagna è una soluzione di vitriolo di rame: ebbene, questa soluzione ci darà idrogeno (a cagione dell'acqua) ed ossido di rame (a cagione del vitriolo), entrambi alla superficie del rame elettromotore: e qui accadrà il solito fenomeno d'affinità elettiva, cioè che l'ossido si decomporrà, il suo rame andrà deponendosi sopra il rame elettromotore (il che non può recare alcun danno), e l'ossigeno rimasto libero tirerà a sé parte dell'idrogeno per formar acqua; e così sarà diminuita quella reazione elettrica del gas idrogeno precedentemente accennata. Nelle pile di Grove e di Bunsen la cosa è più semplice: l'acido nitrico è composto di ossigeno e d'azoto (nitrogeno) in certe proporzioni: ma tostochè si presenta l'idrogeno, una parte dell'ossigeno abbandona l'azoto, e colla propria affinità elettiva tira a sé l'idrogeno per formar acqua. L'acido così impoverito d'ossigeno prende il nome di acido nitroso (o *iponitrico*, *ipozotico*), e a mano a mano si trasforma in vapori, che si disperdono nell'aria.

« E qui è bene avvertire che questa invenzione delle pile costanti si fonda tutta sopra una sua notizia della composizione delle sostanze e delle loro affinità, cioè sopra dottrine di Chimica. E nel vero, come si sarebbe potuto, senza la Chimica, antivedere le complicate reazioni che nascerrebbero ponendo questo o quel liquido a contatto coll'elettromotore negativo? come si sarebbe

(1) AVENGOLO, Op. cit., pag. 1009.

potuto, fra i tenti liquidi, scegliere quello che avrebbe prodotto le reazioni opportune, cioè tali da rapire l'idrogeno, e da non nuocere altrimenti all'azione della pila! E siccome gli studi e le industrie che hanno per oggetto o per fondamento l'elettricità dinamica, non avrebbero certamente potuto progredire se non si fossero trovate le pile costanti, così questa invenzione è da ascrivere fra i servizi più importanti che la Chimica abbia recati alla scienza e alla società. »

Quando l'ufficio al quale deve servire la pila richiede corrente molto energica si impiegano contemporaneamente più pile, si ottiene così una *batteria* tanto più potente quanto maggiore è il numero delle coppie che la costituiscono. La congiunzione delle singole pile si effettua nel modo indicato dalla figura t13, che rappresenta una *batteria* di cinque pile di Bunsen: nastri metallici stabiliscono una comunicazione elettrica



Fig. 113. BATTERIA DI BUNSEN.

fra la lamina di zinco di ciascuna pila ed il cilindro di carbone della pila successiva a destra. Allo zinco della prima ed al carbone dell'ultima sono attaccati i reofori della batteria.

Come si è già detto (pag. 94) le lamine di zinco bagnate dall'acido si consumano assai rapidamente, e perciò appunto nelle pile ed un solo liquido si dispongono le coppie metalliche (vedi le fig. t04, t05, t06) in guisa da poterle estrarre dall'acido quando la pila deve rimanere inoperosa; ma nelle pile costanti a due liquidi, o ora descritte, riuscirebbe ben più malagevole l'estrazione delle lamine di zinco; d'altronde se queste rimanessero immerse nell'acqua acidulata anche quando non si ha bisogno della corrente elettrica, lo zinco andrebbe inutilmente sciupato. La chimica portò rimedio anche a questo inconveniente e nel tempo stesso aumentò la potenza delle pile sostituendo lamine di zinco *amalgamate* alle lamine di zinco comune del commercio anteriormente impiegate. — Per amalgamare le lamine di zinco si incomincia col lavarle in un bagno d'acido solforico

diluito nell'acqua; estratte dal bagno si ricoprono di mercurio; poscie, per favorire l'adesione di questo metallo sulle facce della lamina, convien strofinarle con una spazzola dura, così il mercurio penetra nei pori superficiali dello zinco, la superficie della lamina divien lucida e splendente come se fosse d'argento.

Lo zinco così amalgamato gode d'una singolarissima proprietà: anche lasciato nell'acqua acidulata rimane inalterato. Proprietà consimile si pure riscontra nello zinco purissimo ossia completamente liberato, mercè la distillazione, dalle sostanze eterogenee (particelle di rame, piombo, stagno, ferro, cadmio e d'altri metalli) che si riscontrano nello zinco del commercio, le quali sono appunto il fomite della rapida corrosione che esso soffre quando è immerso nell'acqua acidulata. Perciò, nella costruzione delle pile si rinuncia allo zinco del commercio ed in sua vece si adopera esclusivamente lo zinco amalgamato, meno costoso dello zinco purissimo. Grazie a tale sostituzione e finchè il circuito rimane aperto non vi ha alcun consumo di zinco, l'acido incomincia ad esercitare l'azione corrosiva solo nell'istante in cui si chiude il circuito, basta riaprirlo per veder cessare immediatamente l'azione corrosiva; ma v'ha di più, una batteria formata di *direct* coppie costrutte con lamine di zinco amalgamato, produce effetti che si otterrebbero soltanto da parecchie centinaia di coppie con lamine di zinco comune, e riesce persino più efficace d'una batteria da *direct* coppie di zinco *distillato*.

La corrente elettrica provocata dall'azione chimica che si manifesta sulla superficie dello zinco posta a contatto dell'acqua acidulata può prestarsi — come si è già accennato — a svariatissime applicazioni; riserbando di discorrerne più avanti, limitiamoci per ora a considerarne una fra le più modeste: il riscaldamento d'un filo metallico congiungente i due poli d'una pila. Questo filo potrà essere più o meno lungo, più o meno sottile, potrà essere formato di metallo ottimo o mediocre conduttore dell'elettricità. Eseguendo quest'esperienza si potrebbe facilmente riconoscere che il riscaldamento riesce tanto più sensibile quanto maggiore è la resistenza opposta dal filo al passaggio della corrente. Un filo di rame si riscalderebbe meno d'un filo di platino poichè il rame è miglior conduttore del platino; a pari sostanza, un filo grosso si riscalderebbe

meno d'uno filo sottile. Misurando con ogni esattezza la quantità di calorico, nei vari casi comunicata dalla corrente a quei fili metallici, e misurando poscia il corrispondente consumo nelle lastre di zinco della pila si riconobbe che la quantità di calorico sviluppata è sempre proporzionale alla quantità di zinco consumata dalla pila.

E qui il lettore potrebbe muoverci una domanda: se il riscaldamento del filo congiungente i due poli è tanto maggiore quanto meno conduttiva è la materia che lo compone, e se il consumo dello zinco nella pila deve sempre produrre una certa quantità di calorico, com'è che l'acqua del voltmetro che è pure attraversata dalla corrente si riscalda ben poco, sebbene, nel frattempo, lo zinco della pila si consuma assai rapidamente?

Per rispondere a questa domanda ci è mestieri richiamare alla mente del lettore un fatto luminosamente dimostrato in più modi dai moderni fisici: una determinata quantità di calorico può esser sempre utilizzata per eseguire un determinato lavoro meccanico; fu in più modi riconosciuto che la quantità di calorico necessaria ad innalzare d'un grado centigrado la temperatura d'un chilogramma d'acqua è equivalente al lavoro misurato da 425 chilogrammetri, vale a dire al lavoro necessario a sollevare 425 chilogrammi all'altezza d'un metro; reciprocamente, ogni lavoro può trasformarsi in calorico, così un lavoro meccanico misurato da 425 chilogrammetri potrebbe servire ad innalzare di un grado centigrado la temperatura d'un chilogramma d'acqua (1).

Affrettiamoci però a soggiungere che nessuna delle macchine fino ad ora costrutte, sarebbe in grado di trasformare integralmente in lavoro il calorico in essa svolto, sia dalla combinazione dell'ossigeno con legna o carbone (*combustione*) sia — come nel caso che ora ci occupa — dalla combinazione di questo gas con lo zinco (*affinità chimica*). È già molto se nelle migliori macchine a vapore si riesce ad utilizzare il 18 per 400 di quel calorico trasformandolo in lavoro; il calorico residuo va inutilmente disperso poichè riscalda — senza vantaggio — gli or-

gani della macchina, l'aria e gli altri corpi circostanti.

Vediamo quali applicazioni hanno questi fatti generali al caso particolare che ora ci occupa; è ben vero che la corrente riscalda in tenue grado l'acqua contenuta nel voltmetro. Ma in compenso essa eseguisce un vero lavoro, decomponendo quell'acqua in ossigeno ed in idrogeno. Questa decomposizione richiede infatti ingente quantità di calorico, e precisamente tanto calorico quanto ne svilupperebbero quei due gas qualora ricombinandosi riprodussero l'acqua. Accuratissime esperienze fecero conoscere che la decomposizione di un chilogramma d'acqua richiederebbe 3829 calorie, le quali corrispondono precisamente alla quantità di calorico che verrebbe sviluppata dall'idrogeno contenuto in un chilogramma d'acqua ($\frac{1}{2}$ di chilogramma) combinandosi coll'ossigeno (che entra nei residui $\frac{1}{2}$ in un chilogramma d'acqua). Ora, sia che si impieghi la corrente della pila a decomporre l'acqua, sia che la si utilizzi a riscaldare un filo metallico, la quantità di calorico sviluppata sarà sempre la stessa e potrà quindi essere paragonata al lavoro meccanico che con essa si potrebbe effettuare, e siccome questa produzione di calorico si verifica a spese dello zinco che pel contatto dell'acido solforico si ossida e si trasforma grado grado in solfato di zinco, così potremo concludere che una determinata quantità di zinco consumata in una pila può ognora essere utilizzata per l'esecuzione d'un determinato lavoro meccanico; e quanto si dice dello zinco vale pure per qualsiasi altro corpo che, sotto l'influenza d'una combinazione chimica, sia posto in condizione da provocare una corrente elettrica.

Le sperienze dei fisici fecero conoscere che ogni chilogramma di zinco puro consumato dall'acido solforico produce circa 563 calorie. E siccome ciascuna di queste calorie equivale ad un lavoro meccanico di 425 chilogrammetri, così si può concludere che l'affinità chimica che esiste fra un chilogramma di zinco puro e l'acido solforico diluito che lo circonda, sarebbe atta a produrre un lavoro meccanico di $563 \times 425 = 239275$ chilogrammetri, o in altri termini sarebbe capace di sollevare mille chilogrammi all'altezza di circa 239 metri. Identico risultato si avrebbe se lo zinco, anzichè essere semplicemente immerso nell'acido solforico diluito, formasse parte di una pila: ogni chilogramma di zinco consumato

(1) Siccome questa trasformazione del lavoro meccanico in calore e viceversa è inevitabile, così riesce provato che il moto perpetuo è realmente una chimera paragonabile a quella della pietra filosofale; per produrre moto è mestieri sviluppare un lavoro meccanico, ed il lavoro meccanico non può essere prodotto senza un corrispondente consumo di calore.

svolgerebbe, nella corrente interpolare, 563 calorie (1).

Se fino ad ora la pila non fu impiegata nelle industrie come forza motrice, ciò dipende unicamente dalla circostanza che nessuna delle pile fino ad ora ideate è sufficientemente economica: poichè un gran numero di esperienze istituite sui motori elettrici fece conoscere che, poste le condizioni più favorevoli, la quantità di zinco consumata nella pila per un'ora di lavoro e per la forza di un cavallo-vapore (2) fu di circa due chilogrammi, senza tener conto della spesa degli acidi solforico e nitrico e del laceramento delle pile. Per conseguenza il miglior motore elettrico consuma, per produrre un determinato lavoro, almeno tanto zinco quanto è il carbon fossile consumato da una mediocre macchina a vapore per produrre l'identico lavoro; e siccome il prezzo di un chilogramma di lastra di zinco equivale, in Italia, a quello di circa quindici chilogrammi di carbon fossile, così bisogna concludere che per ora l'alimento richiesto dal motore elettrico è non meno di quindici volte più dispendioso

dell'alimento reclamato dalla macchina a vapore. Però nulla autorizza ad ammettere che non si riesca un giorno a possedere pile molto meno dispendiose atte a rivaleggiare anche con la macchina a vapore che, attualmente, è il motore più economico che si conosca; d'altra parte — come vedremo fra breve — l'industria possiede già, nelle macchine magneto-elettriche, un mezzo per provocare energiche correnti elettriche indipendentemente dalla pila; ma fino ad ora anche queste risultano troppo dispendiose. Tuttavia è permesso sperare che in un'epoca più o meno prossima si riesca a produrre economicamente anche le più energiche correnti elettriche. Non pochi ed importanti benefici ridonderebbero sull'umana società quando la docile corrente elettrica potesse essere vantaggiosamente sostituita all'impetuosa forza del vapor acqueo; ed invero i motori elettrici hanno pregi grandissimi: non espongono a funesti accidenti, possono esser messi in movimento subitaneamente, consumano zinco solo quando lavorano utilmente e possono ricevere la forza motrice anche da grandissime distanze.

(1) L'ossidazione d'un chilogramma di zinco, produce lavoro un maggior sviluppo di calorico, circa 1290 calorie; la differenza fra queste e le supposte 563 va consumata nell'interno della pila per le azioni chimiche che in essa si compiono, poichè lo zinco ossidandosi scompone l'acqua, l'ossido di zinco si combina con l'acido solforico formando il solfato di zinco, mentre l'idrogeno liberato dall'ossigeno sale a galla in bollicine. Ed infatti dalle accurate esperienze dei fisici risulta che l'ossidazione d'un equivalente di zinco produce calorie 42451 (o quindi un chilogramma ne produrrebbe 42451 $\div$ 31,75 = 1335,4), la decomposizione d'un equivalente d'acqua assorbe calorie 34682 (e quindi un chilogramma ne assorbirebbe 34682 $\div$ 26,19 = 1324,5).

e la combinazione dell'ossido di zinco con un equivalente d'acido solforico produce calorie 10455; epperò l'insieme di queste tre azioni, cioè la formazione di un equivalente di solfato di zinco, darà 42451 - 34682 + 10455 = 18224 calorie (quindi ogni chilogramma di zinco consumato nella produzione del solfato di zinco produrrà 18224 $\div$ 32,75 = 563 calorie).

(2) Siccome il lavoro meccanico rappresentato da un cavallo-vapore corrisponde all'innalzamento di 75 chilogrammi all'altezza di un metro in un minuto secondo, così il lavoro d'un cavallo-vapore per un'ora continua corrisponde all'innalzamento di 3600X75=270'00 chilogrammi all'altezza d'un metro, equivale cioè a 27000 chilogrammetri.

APPARATI ELETTRO-MAGNETICI

E

MAGNETO-ELETTRICI.

I.

Influenza della folgore sugli aghi calamitati e sull'acciaio ordinario. — Analogie presentite dai fisici. — Esperienze di Mojon e di Romagnosi. — Oersted scopre per primo l'elettro-magnetismo. — Le leggi di Ampère. — I solenoidi. Bussola nautica senza l'ago calamitato. — *Ellica dextrorsum ed ellica sinistrorsum.*

Fino dallo scorso secolo molti fisici presentivano sussistere qualche analogia fra i fenomeni magnetici ed i fenomeni elettrici; era stato notato che la folgore e persino la scintilla d'una bottiglia di Lèda avevano talvolta fatta perdere all'ago calamitato la sua caratteristica proprietà di mantenersi costantemente nella direzione del meridiano magnetico (vedi Vol. I, pag. 124), altrove la folgore aveva invertita la direzione dell'ago calamitato: la punta che dapprima dirigevansi verso il polo boreale, mirava, dopo la scarica elettrica, al polo australe; erasi pure osservato che il fulmine, cadendo sopra utensili d'acciaio, comunica talvolta ai medesimi proprietà magnetiche, li trasforma cioè in vere calamite capaci di attrarre il ferro.

Quando sul principio del corrente secolo fu conosciuta l'invenzione di Volta, molti fisici credettero rinvenire nella pila nuovi argomenti in favore dell'accennata analogia. Il padre Beccaria, da noi già menzionato per le importanti sue esperienze relative all'elettricità atmosferica, manifestò l'opinione che il magnetismo posseduto dalla calamita fosse generato da circuiti elettrici

costanti, però ei non seppe citare alcun fatto, nessuna esperienza in appoggio a questa sua felice ipotesi. Il fisico tedesco I. W. Ritter asseriva che la pila è una vera calamita, ma quest'asserzione completamente gratuita stava in contraddizione con l'esperienza, e perciò non potè trovare che ben pochi partigiani.

Primo a dimostrare sperimentalmente l'esistenza d'un intimo legame fra l'elettricità ed il magnetismo fu il fisico genovese Mojon; questi, da quanto riferisce Aldini (1), « collocò orizzontalmente alcuni aghi d'acciaio, assai sottili, lunghi due pollici, stabilì una comunicazione fra l'estremità dei medesimi ed i due poli d'una pila a corona di tazze, formata di cento coppie; in capo a venti giorni gli aghi erano leggermente ossidati, ma nel tempo stesso ei riconobbe che erano divenuti magnetici con sensibilissima polarità. Questa nuova proprietà del galvanismo, così continua Aldini, fu riconosciuta anche da altri osservatori, e recentemente dal signor Romagnosi fisico di Trento, il quale riconobbe che il galvanismo fa declinare l'ago calamitato (2). »

L'esperienza di Mojon passò quasi inosservata

(1) Op. cit. pag. 239.

(2) Qui l'Aldini allude ad un'esperienza fatta nel 1802 dall'illustre filosofo G. D. Romagnosi, che in quell'anno trovavasi a Trento in qualità di commissario sulico. — L'esperienza elettro-magnetica di Romagnosi fu minutamente descritta nella *Gazzetta di Trento*, del 3 agosto 1802; questa descrizione fu ripetuta nell'*Antologia di Firenze*, nel 1827 (tomo 27, pag. 135-138) e poscia da un gran numero di scrittori di cose storiche o di notizie scientifiche, i quali, commendandola a loro talento, attribuirono al Romagnosi il merito d'aver scoperta per primo la singolar proprietà posseduta dalla corrente elettrica, di deviare l'ago calamitato, scoperta che, come diremo fra breve, è dovuta unicamente al danese Oersted. Ci duole che gli angusti limiti di questo volume, non ci consentano di riferire per in-

tero l'articolo della *Gazzetta di Trento* e la saggia critica fattane recentemente dal chiarissimo prof. Govi (*) non possiamo però astenerci dal descrivere sommariamente l'esperienza di Romagnosi e dal riferire le conclusioni del prof. Govi, alle quali pienamente ci associamo.

Romagnosi applicò ad uno dei poli d'una pila di Volta un filo d'argento snodato a diversi intervalli a modo di catena. L'ultima articolazione di detta catena passava per un tubo di vetro, dall'estremità esteriore del quale sporgeva un bottone pure d'argento, unito alla catena. Questo tubo permetteva di maneggiare la catena senza acca-

(*) Romagnosi e l'elettro-magnetismo, ricerche storiche di GIULIANO GOVI (estratto dagli *Atti della Reale Accademia delle Scienze di Torino*, Vol. IV. Annunzio del 7 aprile 1869).

e trascorsero ancora parecchi anni prima che le vaghe analogie presentite dai fisici ricevessero una splendida conferma.

Nel 1812 un fisico danese, Oersted (1), nelle sue *Riflessioni sulle leggi della chimica*, tentò di confermare coi fatti l'influenza ch'ei supponeva dovesse essere esercitata sui poli d'una calamita da quelli d'una pila, ma i suoi tentativi rimasero infruttuosi. Come i fisici che lo avevano preceduto, Oersted limitavasi a sperimentare l'influenza della debole elettricità statica che si manifesta ai poli d'una pila mentre il circuito è aperto;

ricarica di quella tensione positiva o negativa che accumulavasi sopra essa. Presa quindi una bussola la adagiò sopra un isolatore di vetro e quindi accostò il bottone d'argento all'ago calamitato, il quale dev'essere di alcuni gradi dalla sua posizione normale. — È facile rendersi conto di questa deviazione: il bottone d'argento rappresentava il polo isolato della pila, perciò toccando con esso l'ago magnetico, parimenti isolato, questi veniva messo necessariamente in istato elettrico omologo, come se lo si avessero toccato con un bastoncino di cera lecca o di vetro sfregato, o perciò si poteva prevedere che l'ago si sarebbe allontanato per repulsione dal bottone d'argento che gli aveva comunicato la propria tensione elettrica, se pure codesto allontanamento non era dovuto ad un semplice urto dato incontinentemente dall'operatore all'ago della bussola.

Allontanata la catena d'argento dall'ago calamitato, questi rimase immobile e ciò non può derivare che da un'imperfezione della bussola impiegata, ossia dalla resistenza dell'impermeabilità al movimento dell'ago, o tutt'al più da qualche estraneità elettrica che poteva manifestarsi fra le punte dell'ago ed il contorno scabro della cavità cilindrica che lo conteneva.

• Romagnoli dunque, così conclude il prof. Govi, non agì sull'ago calamitato col Corrente d'una pila, ma tutto al più colla Tensione di uno dei suoi poli: esso non fece altro perciò, ad non che ripetere vecchie esperienze già conosciute dai fisici, ed eseguite dallo stesso VOLTA, e da altri molto tempo prima, quando misurarono p-teriali attirare coi poli della pila le foglie d'oro, lo pagliuzzo, i fili bagnati, ecc., dai quali non differiva in guisa alcuna l'ago magnetico usato dal ROMAGNOLI, che si comportava in codesto caso come gli agni d'ottone o d'argento di GILBERT o di HAÛY, il suo magnetismo non servendogli a nulla, neppure a ricondurlo nella posizione di prima, poichè una causa accidentale lo riteneva nella direzione in cui un urto, o la elettricità lo aveva spinto o tirato.

• Ed ecco perchè il dottissimo giuriconsulto, mentre viveva in Milano, educando i giovani nelle scienze legali, scrivendo articoli per molti periodici o procurando la maggior diffusione possibile delle sue idee filosofico-giuridiche o de' suoi principii economici (dal 1829 al 1835) non mise mai fuori una sola riga per rivendicare una priorità, che egli ben sapeva di non avere sull'illustrato fisico di Copenhagen.

• Le parole usate dall'ALDINI, nel raccontare l'osservazione del ROMAGNOLI, furono, probabilmente, la prima cagione dell'inganno in cui molti scrittori italiani vennero trascinati, non avendo essi forse potuto leggere l'articolo originale della *Gazzetta di Trento*, difficilmente reperibile nelle nostre biblioteche.

• L'insufficiente e così enigmistica indicazione data dall'ALDINI (qui sopra riferita) poteva veramente far credere, con molta apparenza di verità, che il ROMAGNOLI avesse prevenuto l'OERSTED nella grande scoperta.

• Ma il documento originale e completo toglie ogni dubbio, e sarebbe un atto sleale, da parte di noi italiani, il ripetere, per vanità nazionale, un falso vanto, mentre, così acerbamente, ai vanno rin-

forse ei non avrebbe mai pensato di operare diversamente se il caso non fosse venuto in suo aiuto. Nell'inverno dal 1819 al 1820, Oersted che era allora professore di fisica all'università di Copenhagen, teneva un corso di lezioni sull'elettricità; volendo dimostrare la potenza calorifica posseduta dalla corrente elettrica generata dalla pila, congiunse i due poli con un filo di platino, il quale, come il lettore avrà già indovinato, divenne in breve incandescente e fin qui non c'era nulla di straordinario; però sullo stesso tavolo sul quale stava la pila impiegata da Oersted, ed

facendo agli stranieri quelle che noi giudichiamo piraterie esecrate da essi sulle nostre glorie paesane. •

(1) GIOVANNI CRISTIANO OERSTED, nacque il 14 agosto 1777, nella piccola città di Rudkjøbing nell'isola danese di Langeland: suo padre, farmacista, poté a stento procurargli qualche istruzione elementare; quand'ebbe raggiunto i dodici anni, il padre lo prese per suo aiutante nei lavori farmaceutici, nei quali il giovanetto rivelò tanto singolare abilità, manifestando, nel tempo stesso, il più ardente desiderio d'istruirsi, al riserbo da solo ad acquistare le cognizioni necessarie per essere ammesso nell'Università di Copenhagen, ove si poté entrare nel 1791; così si distinse per suo amore allo studio e per i suoi rapidi progressi. Nel 1800 fu nominato assistente alla cattedra di medicina, l'anno seguente gli fu conferito un sussidio, detto *stipendium capitlanum*, che gli permise di intraprendere un viaggio d'istruzione che durò cinque anni. Al suo ritorno a Copenhagen (1805) fu nominato professore straordinario di fisica e chimica in quell'Università. Nel 1821 fondò la Società danese per la propagazione delle scienze naturali. Nel 1828 fu creato consigliere di Stato. A partire dal 21 febbraio 1829 fu direttore della scuola politecnica di Copenhagen allora fondata; fin dal 1815 era segretario della Società reale delle scienze di Danimarca ove lesse un gran numero di importanti memorie scientifiche, discutendo le esse le più interessanti questioni di fisica. Nel 1822 inventò il *piezometro*, importante strumento che serve a misurare la compressione dei liquidi; oltre che per quest'invenzione il nome di Oersted passerà alla posterità, per l'importantissima scoperta, a lui dovuta, dell'elettro-magnetismo, della quale si discorre qui sopra. Questa scoperta svelava il segreto legame che unisce il magnetismo all'elettricità, apriva alla scienza nuovi e vastissimi orizzonti, perciò fu accolta con un'universo entusiasmo, paragonabile a quello suscitato dal primo apparire degli aэростati. Le società scientifiche, i governi, i privati, gareggiarono nel conferire ad Oersted ogni possibile onorificenza. — La Società reale di Londra gli inviò la grande medaglia d'oro, massima fra le distinzioni ch'essa può accordare; il re di Danimarca lo nominò cavaliere dell'ordine di Dannebrog, o quest'esempio fu seguito da quasi tutti i governi d'Europa; moltissimo accademie o società scientifiche, lo vollero loro membro. Nel 50.º anniversario (7 novembre 1850) del suo primo impiego all'Università, il re lo nominò suo consigliere intimo e la cittadinanza gli offerse, in segno di riconoscenza, una graziosa villa poco lungi da Copenhagen, affinché potesse trascorrere nella quiete gli ultimi suoi giorni; fatalmente il poté godersi ben poco, chè la morte lo rapì il 9 marzo 1851. Lasciò numerosissimi scritti scientifici o filosofici, i quali brillano per chiarezza o vivacità; il suo stile veste forme poetiche ed è tuttavia mirabilmente preciso; perciò Oersted dev'essere ricordato non solo quale venticinquesimo fisico, ma benanco come eminente divulgatore. Le più interessanti memorie popolari di Oersted, su argomenti filosofici o scientifici, raccolte col titolo *Der Geist in der Natur. (Lo spirito nella natura)* furono tradotte in parecchie lingue.

a poca distanza da essa trovavasi, casualmente, una bussola: con grande stupore degli astanti, l'ago di quella bussola incominciò ad oscillare non appena Oersted ebbe stabilita la congiunzione dei due poli. Nessuno seppe rendersi conto di questo singolare fenomeno. Terminata la lezione Oersted si affrettò a ripetere l'esperienza variandola poi in più modi; ei dovette convincersi che un ago calamitato, mobile sopra un perno, devia dalla sua posizione abituale non appena si accosta ad esso il filo metallico percorso dalla corrente avviluppata dalla pila. L'elettro-magnetismo era scoperto!

Oersted fece conoscere l'importante scoperta ed i risultati delle sue esperienze pubblicando (21 luglio 1820) una breve memoria latina: *Experimenta circum effectum conflictus electrici in*

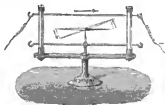


Fig. 114. ESPERIENZA D'ORSTED.

acum magneticum (Esperienze relative all'effetto del conflitto elettrico nell'ago magnetico) che di lì a poco fu tradotta in tutte le lingue d'Europa e formò il soggetto di assidue indagini per tutti i cultori della scienza.

Cerchiamo ora di precisare l'esperienza fondamentale di Oersted che serve di base al moderno edificio dell'elettro-magnetismo.

«Immaginatevi (1) un ago calamitato orizzontale e tranquillo nella sua natural posizione, cioè rivolto coll'estremità Nord verso il Nord, e colla estremità Sud verso il Sud. Immaginatevi che al disopra di quest'ago (fig. 114), ma a poca distanza sia teso orizzontalmente un filo di rame in tal modo che l'ago gli si trovi di sotto per tutta la propria lunghezza: questo filo poi oltrepassi i sostegni isolanti ai quali è raccomandato, e si prolunghi un buon tratto a dritta e a sinistra, sicchè questi prolungamenti possano curvarsi o piegarsi come ci aggrada, senza che perciò si muova la porzione che è tesa dall'uno all'altro

sostegno. Per ultimo, immaginate che l'estremità di uno fra questi due prolungamenti o in altre parole, una delle estremità dell'intero filo sia attaccata al polo positivo di una pila e che voi, tenendo in mano l'altra estremità, siate dappresso all'altro polo della pila. Ciò preparato, supponete di toccar questo polo colla punta del filo: e incontante l'ago magnetico girerà sul suo perno: come se gli fosse avvicinata una calamita, od un pezzo di ferro: e dopo alcune oscillazioni si fermerà in una posizione stabile più o meno discosta dalla sua prima e ordinaria posizione. E ho detto stabile, poichè se altri ne lo distoglierà, e voi seguitete a tener chiuso il circuito della pila, cioè a tenere il reoforo a contatto col polo, non appena colui lascerà l'ago in libertà, ed esso tornerà a prendere la posizione anzidetta: e se colui, girandolo sul perno per lo spazio di mezza circonferenza, farà che la punta Nord pigli il posto della punta Sud e reciprocamente, potrà darsi bensì che l'ago rimanga in equilibrio, ma sarà un equilibrio instabile, giacchè ad ogni minimo urto, l'ago tornerà velocemente alla posizione contraria. Insomma quella risoluta tendenza che l'ago suol dimostrare verso la sua giacitura ordinaria, adesso la dimostrerà verso questa nuova posizione affatto diversa. Ma al distacchi la punta del reoforo dal polo, cioè si apra il circuito della pila, e subito cesserà il fenomeno: l'ago ritornerà al suo posto consueto, e mostrerà la solita persistenza nel conservarlo. Toccando ancora la pila col reoforo il fenomeno si rinnoverà e così via discorrendo.

«Faccendo quest'esperienza in diverse maniere Oersted vide che la posizione presa dall'ago quando la corrente passa pel filo è tanto più differente dalla sua posizione ordinaria quanto più forte è la corrente; cioè una corrente gagliarda produce nell'ago magnetico una deviazione maggiore di quella che vi cagiona una corrente debole: nessuna corrente per altro può ridur l'ago proprio in croce col filo, cioè perpendicolare a questo. Oersted provò altresì a distendere il filo sotto all'ago, tenendolo tuttavia parallelo ad esso e orizzontale: provò a distenderlo verticalmente davanti alla punta Nord, e poi verticalmente davanti alla punta Sud, ecc. Per ogni posizione poi ch'egli dava al filo metallico, faceva due prove: cioè prima attaccava una certa estremità del filo al polo positivo della pila, e l'altra al negativo; e poscia faceva il contrario.

(1) Annecetti, op. cit., pag. 1006 e seg.

Ora, in questa serie d'esperimenti, egli otteneva effetti differenti, poichè l'ago talvolta girava verso destra e talvolta verso sinistra. E siccome i casi possibili a farsi, cioè le disposizioni che possono darsi al filo, all'ago e alla pila sono innumerevoli, così sarebbe stato impossibile il registrare tutti quei casi nei quali l'ago deviava in un verso e tutti quelli nei quali faceva il contrario. Bisognava cogliere una regola, se mai vi fosse, che raccogliesse sotto di sé tutti quei casi nei quali avveniva l'una di queste due cose e tutti quelli nei quali avveniva l'altra. Oersted non la trovò questa regola, ma la trovò il fisico francese Ampère (1); e vengo ad esporla. Prima di tutto, poichè l'elettricità della pila chiusa suol chiamarsi *corrente elettrica*, andiamo innanzi con questa similitudine, e diamo alla corrente elettrica una direzione determinata; diciamo che nel reoforo essa corre dal polo positivo della pila al polo negativo, e torna da questo a quello passando per la pila e così circolando. Non istiamo a esaminare quanto ci possa esser di vero in tali frasi;

pagliamole come semplici convenzioni che servono ottimamente alla speditezza del discorso, e passiamo oltre. Ecco ora la regola d'Ampère: Chi vuol prevedere in qual maniera girerà un ago magnetico sotto l'azione di una corrente elettrica, si figuri una personcina umana dentro nel reoforo, la quale personcina guardi l'ago, cioè tenga la faccia rivolta verso di questo; e oltre a ciò sia così collocata che la corrente elettrica entra in lei per i piedi e ne esca pel capo. Ebbene: l'ago magnetico sarà sempre deviato in maniera che il suo polo Nord si moverà verso la sinistra della personcina immaginata. Tale è la bizzarrissima regola che prende sotto di sé tutti i casi possibili della deviazione d'un ago magnetico per opera d'una corrente ».

Le figure 115 e 116 ci presentano l'ometto d'Ampère in due diverse posizioni; nella fig. 115 l'ago calamitato AB, dapprima immobile nella direzione del meridiano magnetico indicato da SN, la abbandona non appena una corrente elettrica percorre il filo congiuntivo XY da sinistra (Sud)

(1) ANDREA MARIA AMPÈRE nacque a Lione il 30 gennaio 1775. Di lì a poco la sua famiglia dovette trasferirsi nel poco discosto e meschino villaggio di Polymioz, allora privo di scuola. Ancor prima di conoscere o saper tracciare le cifre, il giovanotto faceva già lunghe operazioni aritmetiche servendosi molto ingenuamente d'un piccolo numero di ciottolini. Ammalatosi gravemente, gli furono tolti i ciottolini per obbligarlo al riposo, ma il di lui amore e quel genere d'esercizio era talmente intenso che per dedicarsi ai precetti le lenne, poichè d'un bisbetico accorciatogli dopo tre giorni di rigorosissima dieta il sagacissimo gran padre per farne dei minuziosissimi calcoli supplì ai suoi cari ciottolini. Aiutato dai genitori appreso a leggere ed acquistò immenso amore anche alla lettera, divorò tutti i libri che trovò nella casa paterna, compresi i venti grossi volumi dell'*Encyclopédie* che si lesse pazientemente dal primo all'ultimo e che grazie alla felicità della sua memoria, rimase scolpita nella sua mente e nel suo capo che cinque anni dopo sapeva recitare a memoria lunghiissimi brani. Questa lettura sviluppò l'inclinazione del giovanotto per la matematica; e undici anni si studiava già — *de solo* — l'applicazione dell'algebra alla geometria; nel 1797, mancandogli gli libri si recò con suo padre a Lione per procurarsene il rizzuto di dodici anni chiusa le opere di Eulero e di Bernoulli, il bibliotecario gli fece osservare esser questo fra le più difficili opere prodotte dall'intelligenza umana e tuttavia nel luogo di comprenderle — *rispose* Ampère, allora l'altro — « saprai già che sono acuto in latino e che sono trattato col'analisi sublime » erano due scolti imprevisti, ed egli conosceva ad il latino ad l'analisi sublime; ma il suo amore allo studio vinceva ogni ostacolo, poche settimane dopo si studiava con profitto, le opere di Eulero e di Bernoulli e d'altri uomini matematici. Nel 1799 perdette il padre, morto per mezzo del carbonio, vittima della rivoluzione, questa sciagura immerse il giovane Ampère nel più profondo dolore, ed rinunciò persino ai suoi diletti studi; le lettere alla *botanica*, di Rousseau, casualmente capitategli tra le mani, lo destarono dal letargo, che era durato più d'un anno, scrisse allora molte poesie, costrusse uno specchio di lingua filosofica universale nella quale scrisse anche dei versi. Invegnatogli d'una fanciulla povera, le sposò e andò a stabilirsi a Lione ove si guadagnò l'esistenza dando lezioni private di matematica; nel 1801, per migliorare la sua posizione, andò a Bourg, professore di chimica

e fisica in quella scuola centrale. Presso seguesse pubblicò le *Considerazioni sulla teoria matematica del gioco* nel qual scritto si avvisò un problema generale che aveva intensamente occupato il genio di Pascal, di Fermat e di Buffon: l'esatta valutazione, secondo il calcolo delle probabilità, dei rischi che si corrono esponendo una determinata somma in un giuoco d'azzardo, il sommo matematico Delambre giudicò lo scritto degno di essere presentato all'Istituto ed acquistò viva stima nell'autore che, grazie all'indulgenza di Delambre, fu di lì a poco nominato professore di matematica nel liceo di Lione, così il poté riunirsi alla sua famiglia, però le sue felicità ebbero corta durata, poichè la moglie gli fu rapita dalla morte nel luglio 1804, questa amara perdita gli rese insopportabile il soggiorno di Lione, accettò quindi con gioia il posto di ripetitore alla scuola politecnica di Parigi offertogli da Delambre nel novembre 1805. Da allora in poi Ampère si dedicò col massimo ardore, all'analisi matematica trascendente ed alle sue applicazioni ai più importanti quesiti di meccanica razionale, ottica, fisica del gas, chimica molecolare e scrisse, su questi argomenti, prodigiose memorie che furono tutte lette nell'aula dell'Accademia dell'Istituto del quale fu nominato membro nel 1814; nel 1819 era stato nominato professore d'analisi alle scuole politecniche e cavaliere della legione d'onore. — L'annuncio della scoperta di Oersted (1820) scosse ad Ampère nervi e spiegarli orrendi, le sue ricerche ed intuizioni teoriche, pienamente confermate dalle esperienze relative alle attrazioni, repulsioni, agli stati d'equilibrio del filo congiuntivo, dice Arago — nell'*Esquis de Ampère*, dal quale ricaviamo queste notizie — sono registrate nelle scienze sotto il nome di *leggi di Ampère* come son dette leggi di Kepler le tre grandi conseguenze che questo genio supergior dedusse dalle osservazioni astronomiche di Tycho. Grazie agli sforzi di Ampère la legge dei quadrati delle distanze, la legge che regola il movimento degli astri divenne il tratto caratteristico anche delle azioni esercitate dall'elettricità sul movimento. — Nel 1830 la già debole salute di Ampère diede molta e temere d'aver omici, i quali lo consigliarono a cercar sollievo nelle aere salite del marzoddi, lasciò Parigi il 17 maggio 1836; tuttavia la sua salute andò rapidamente peggiorando, le cure le colpì a Marsiglia il 10 giugno di quell'anno.

verso destra (Nord) ed assume la posizione A'B', il che era da prevedersi poichè per la regola di Ampère la punta Nord dell'ago deve deviare alla sinistra dell'omotto O. Se all'incontro il filo congiuntivo è collocato inferiormente all'ago calamitato AB (fig. 110), non appena incomincerà a circolare la corrente da X verso Y, l'ago si sposterà e dopo qualche oscillazione rimarrà in A'B', ed anco in tal caso il polo Nord dell'ago si sarà mosso verso la sinistra dell'omotto.



Fig. 110. INFLUENZA D'UNA CORRENTE SOTTOPOSTA E PARALLELA ALL'AGO.

Il primo annuncio dell'importante scoperta di Oersted era giunto in Francia per la via di Ginevra; l'illustre Arago, che aveva assistito alle esperienze istituite dal fisico ginevrino De La Rive, per verificare i fatti annunciati da Oersted, ne aveva data notizia all'Accademia delle Scienze nella seduta dell'11 settembre 1820; di lì a sette giorni Ampère comunicava a quel dotto consesso non solo la legge precedentemente accennata, ma



Fig. 111. INFLUENZA D'UNA CORRENTE SOTTOPOSTA E PARALLELA ALL'AGO.

benanco un fatto molto più generale. Gli erano bastati quei pochi giorni per riconoscere che due fili congiuntivi agirebbero l'uno sull'altro, aveva immaginate disposizioni ingegnosissime per render mobili quei fili senza che le loro estremità avessero a scostarsi dai rispettivi poli della pila voltaica; trasformò i suoi concetti in strumenti opportunissimi a quel genere di ricerche; assoggettò poscia le sue indagini teoriche ad un'esperienza decisiva ed ebbe la soddisfazione di vederle pienamente confermate. Ecco l'enunciato della bella scoperta di Ampère. « Due fili congiuntivi e pa-

ralleli si attirano quando l'elettricità li percorre nello stesso senso, si respingono quando sono percorsi dalle correnti in direzioni opposte. » Queste singolari attrazioni e ripulsioni non esigono che i fili sui quali si opera appartengano a due pile diverse (ossia a pile disposte in modo che al polo zacco dell'una corrisponda il polo rame dell'altra e viceversa), poichè piegando e ripiegando opportunamente nn sol filo congiuntivo si può fare in modo che due delle sue porzioni che stanno di fronte sieno attraversate da correnti elettriche o nello stesso verso o in verso opposto. I fenomeni riescono allora assolutamente identici a quelli che risultano dall'azione delle correnti provenienti da due sorgenti elettriche distinte. I fenomeni scoperti da Oersted furono giustamente chiamati *elettro-magnetici*, quelli di Ampère, nei quali la calamita non agisce direttamente, presero il nome più generale di fenomeni d'*elettricità dinamica*.

Studiando i vari stati d'equilibrio dei fili congiuntivi variamente conformati e posti in faccia, Ampère riconobbe che l'azione reciproca degli elementi di due correnti si esercita lungo la linea che ne unisce i centri, che essa dipende dalla inclinazione relativa di quei fili e che quell'azione varia d'intensità in ragione inversa dei quadrati delle distanze.

Le figure 117, 118 e 119 rappresentano alcune fra le tante ingegnose disposizioni ideate da Ampère per lo studio delle correnti. Nella fig. 117 veggonsi due colonnette d'ottone M, N, piantate verticalmente sopra un tavolino di legno: un filo metallico parte dal polo positivo d'una pila e comunica con la base della colonnetta M; questa, essendo formata di metallo buon conduttore, è facilmente percorsa dalla corrente; un filo *f* applicato alla sommità di quella colonnetta guida la corrente in una capsula metallica B, la cui concavità è ripiena di mercurio. In esso è immersa una punta o perno appartenente al conduttore mobile *mnpq* formato da un sol filo di rame ripiegato in due rettangoli (Ba, Bq), l'altra estremità di questo filo compie del pari l'ufficio di perno mobile nella capsula metallica C ripiena di mercurio, la quale comunica metallicamente con la base della colonnetta N, dalla sommità di quest'ultima parte il filo diretto al polo negativo della pila. Con tale disposizione il conduttore *mnpq* può girare liberamente intorno ai perni B e C; collocandolo nella posizione indicata dalla

figura, ossia nel piano stesso delle colonnette, ei vi rimane; ma non appena si chiude il circuito si manifestano correnti opposte (fra la colonnetta M ed il lato mn , fra la colonnetta N ed il lato pq), per conseguenza il conduttore $mnpq$ è respinto. — Disponendo invece il conduttore $mnpq$ nel modo indicato dalla fig. 118, le correnti

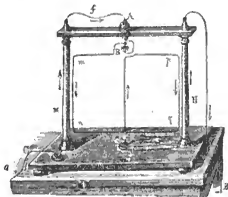


Fig. 117. CORRENTI PARALLELE ED INVERSE.

che percorrono i lati mn , qp sono parallele a quelle che percorrono le colonnette M, N e perciò appena si chiude il circuito si manifesta attrazione fra queste correnti, e se il piano del conduttore $mnpq$ formasse un angolo col piano delle due colonnette, quell'attrazione ve lo ricondurrebbe ben presto.

La figura 119 indica la disposizione ideata per studiare gli effetti della corrente in un condut-

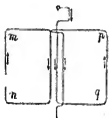


Fig. 118. CORRENTI PARALLELE DIRETTE NELLO STESSO SENSO.

tore circolare EO mobile intorno all'asse verticale passante per $a'b'$; le vergliette metalliche L, L' piegate ad angolo retto sostengono capsule metalliche $a'b'$ nelle quali stanno immersi i due capi del conduttore circolare, perciò quest'ultimo può liberamente ruotare intorno all'asse passante per $a'b'$. Un filo NM percorso dalla corrente nella direzione della freccia e teso orizzontalmente sotto al conduttore circolare, obbliga quest'ultimo a disporsi parallelamente ad esso in

guisa che nella parte inferiore del circuito EO la corrente procede nello stesso senso che in NM. — Se all'incontro il filo rettilineo MN passasse pel centro del cerchio EO, questi si disporrebbe in croce col filo.

L'esperienza del fisico danese aveva chiarito che una corrente fissa devia l'ago mobile calamitato; Ampère invertì l'esperienza, rese fissa una verga calamitata e dispose parallelamente

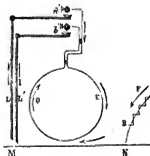


Fig. 119. CORRENTE CIRCOLARE MOBILE.

ad essa un circuito mobile, prevedendo che quest'ultimo si metterebbe in croce con la verga calamitata. L'esperienza confermò le sue previsioni: disposta una verga calamitata in guisa che il di

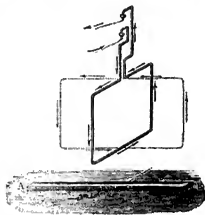


Fig. 120. INFLUENZA ESERCITATA DA UNA CALAMITA FISSA SOPRA UNA CORRENTE MOBILE.

lei asse AB (fig. 120) riesca nel piano d'un conduttore mobile, quest'ultimo, non appena si chiude il circuito, oscilla ed assume poi una posizione d'equilibrio perpendicolare alla sbarra ed in guisa che il polo Nord di questa trovasi alla sinistra della corrente, il polo Sud alla sua destra.

In tutte le sperienze magnetiche tentate prima della scoperta di Oersted, la Terra erasi comportata come una gran calamita, dovevasi adunque presagire che similmente alle calamite essa agi-

rebbe sulle correnti elettriche. Tuttavia l'esperienza non aveva giustificata questa congettura. Ma Ampère, guidato dalla sua teoria *elettrodinamica*, poté colmare questa lacuna. Estendendo le conseguenze dell'esperienza rappresentata dalla figura 119, egli era pervenuto alla conclusione che una serie di correnti circolari mobili poste in faccia ad una corrente rettilinea, tenderebbe a collocarsi parallelamente a quest'ultima, e che se queste stesse correnti circolari fossero inflatte sopra un asse orizzontale mobile,



Fig. 121. CIRCUITI CIRCOLARI E INDIPENDENTI.

lo trascineranno obbligandolo a disporsi in croce rispetto alla corrente rettilinea.

Questo risultato dà la chiave dei fenomeni elettromagnetici, spiega la direzione in croce che tende ad assumere l'ago calamitato rispetto ad una corrente rettilinea, considerando la calamita come un sistema di correnti circolari. — Ampère assoggettò all'esperienza il suo concetto teorico: imitò un sistema di correnti circolari chiuse, piegando a spire molto fitte, CD (fig. 123), un filo metallico rivestito di seta. In ciò ei si valse d'un'interessante scoperta di due fisici tedeschi,



Fig. 122. SOLENOIDE

Schweigger e Poggendorff; questi avevano riconosciuto che è facile *isolare* la corrente che percorre un filo metallico rivestendolo di seta o d'una vernice resinosa, così l'elettricità rimane isolata senza menomamente impedire né diminuire la manifestazione degli effetti magnetici. Ampère approfittò adunque di questa scoperta per costruire i sistemi di correnti circolari ch'ei voleva sperimentare. Sarebbe stato molto difficile il costruire un sistema di circuiti circolari e indipendenti come quello rappresentato dalla figura 121, perciò Ampère costruì il *solenoid*, che tale è il nome dato a un siffatto sistema di

circuiti, avvolgendo un filo di rame ABC (fig. 123), ricoperto di seta, intorno ad un bastone cilindrico, in guisa da ottenere molte spire conigue; levato quel bastone ei ripiegò la porzione BC del filo, obbligandolo ad attraversare tutte le spire lungo l'asse del cilindro. Con tale disposizione la corrente procede da A in C passando necessariamente per B. Si ottengono così anche nel tratto AB delle porzioni circolari e delle porzioni rettilinee: queste servono a congiungere quelle, ma rimangono efficaci soltanto le prime poichè l'azione della corrente che percorre le seconde è paralizzata dalla corrente rettilinea BC che è diretta in verso opposto delle correnti rettilinee delle spire AB. Perciò l'apparecchio della fig. 123

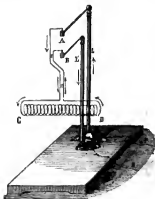


Fig. 123. INFLUENZA DEL MAGNETISMO TERRESTRE SOPRA UN SOLENOIDE CIRCOLARE INTORNO AD ASSE VERTICALE.

agirà all'istessa guisa di quello teorico indicato dalla fig. 121. Egual risultato si ottiene costruendo il solenoid nel modo indicato dalla fig. 123. Dall'ispezione della quale si comprende tosto che la corrente che giunge dal polo positivo pel filo P percorre la colonnetta metallica KL, la capsula A, ripiena di mercurio, nella quale è immerso un capo del filo conduttore che scende fino all'estremo C del solenoid, lo percorre, giunge all'estremo opposto D, risale lungo il filo conduttore, penetra nella capsula metallica B, quindi per la colonnetta L'K ed il filo N si dirige al polo negativo della pila. — Siffatto solenoid può, come ben si comprende, ruotare liberamente intorno all'asse verticale passante pel due perni A, B. Or bene, studiando l'effetto delle correnti sui solenoidi e sup-

ponendo la Terra circondata da correnti circolari come le calamite, Ampère prevede che un solenoide, come quello rappresentato dalla fig. 123, quando sia percorso dalla corrente e soggetto alla sola influenza del magnetismo terrestre, si disporrebbe nel piano del meridiano magnetico, precisamente come l'ago calamitato della bussola. L'esperienza confermò appieno questa sua previsione. « Che avrebbero detto — esclama Arago (1) nel riferire quest'esperienza — Newton, Halley, Dufay, Epino, Franklin, Coulomb se taluno avesse loro annunciato che in mancanza d'un ago calamitato i naviganti potrebbero tuttavia orientarsi anche in alto mare osservando correnti elettriche, guidandosi sulle indicazioni fornite da fili elettrizzati! »

Molto ancora vorremmo dire intorno ai solenoidi, ma l'indole di questo volume non ce lo consente, solo aggiungeremo che le proprietà dei solenoidi sono identiche a quelle delle calamite. Un solenoide girevole intorno ad asse verticale si dirige costantemente lungo il meridiano magnetico, nella parte inferiore delle sue spire la corrente procede sempre da Est verso Ovest; anche nel solenoide come nelle calamite convien distinguere un polo Nord ed un polo Sud. Questi

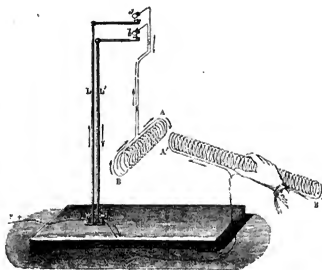


Fig. 124. ATTRAZIONI E RIPULSIONI FRA DUE SOLENOIDI.

poli si trovano, come in tutte le calamite, alle estremità del solenoide. « Ma (1) a quale estremità si trova il polo Nord e a quale il Sud, ciò dipende dal verso nel quale il filo metallico venne avvolto intorno al bastone cilindrico. Per intenderci, figuratevi di avere in mano il bastone ancor spoglio ed il filo che deve involgerlo, e di tenere il bastone nella solita positura che si co-

stuma per simili operazioni, vale a dire orizzontalmente e rivolto verso di voi, sicché un'estremità sia più vicina al petto e l'altra più lontana; e per ultimo supponete di voler cominciare l'operazione dall'estremità più vicina, e nella parte superiore di questa estremità, cioè applicando il filo primamente *sul* bastone, non *sotto*. Ancora, potrete fare in due modi: poichè potrete muover la mano verso dritta,

oppure verso sinistra, e avrete ad ogni modo un'elica, e la corrente passando in quest'elica magnetizzerà ad ogni modo la spirale metallica, ma colla seconda elica il polo Nord riuscirà da quella parte donde la corrente *entra* nel filo e il Sud da quella ond' esce, e colla prima avverrà il contrario. La fig. 125 ci mostra un'elica avvolta girando la mano verso destra (quando si faccia l'operazione nel modo descritto) e chia-

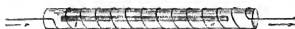


Fig. 125. ELICA DEXTRORSUM.

mata perciò *elica dextrorsum*, perchè in latino *dextrorsum* vuol dire appunto *verso destra*; la figura 126 all'incontro rappresenta un'elica avvolta girando la mano verso sinistra e detta *elica sinistrorsum*. Se la corrente cammina pel verso indicato dalle frecce, il polo Nord risulterà verso *a* in entrambi i solenoidi, ed il Sud verso *b*. Se la corrente camminasse pel verso

(1) ARAGO, *Notices biographiques*. Paris, 1851. Tom. II, pag. 67.

Fig. 126. ELICA SINISTRORSUM.

contrario, il polo Nord sarebbe verso *b* ed il Sud verso *a*, pure in entrambi. »

Qualora il solenoide fosse girevole intorno ad asse orizzontale, perpendicolare al meridiano magnetico, l'asse del solenoide si dirigerebbe parallelamente all'ago di inclinazione (Vedi Vol. I, pag. 124). Dividendo un solenoide in due parti comunicanti fra loro (fig. 124), in guisa che en-

(1) AMBRÓSOLI, *Op. cit.*, pag. 1038.

trambe sieno percorse da un'unica corrente, ciascuna delle due parti presenta ancora i due poli. I poli dell'una respingono quelli dell'altra o d'un ago calamitato quando sono d'egual nome (ossia entrambi Nord o entrambi Sud), i due poli

si attraggono all'incontro quando sono di nome contrario. La corrente agisce sopra un solenoide come sugli aghi calamitati e reciprocamente i solenoidi agiscono sulle correnti nello stesso modo delle calamite.

II.

Applicazione delle teorie di Ampère al moltiplicatore o reometro. — Pregi del sistema astatico. — Paragone fra il reometro ed il voltmetro. — Applicazioni del galvanometro allo studio dei culori raggiante. — Pile *piro-elettriche*. Il Reostato.

Poco tempo dopo la scoperta di Oersted, il fisico tedesco Schweigger ideava un ingegnoso strumento (fig. 127) atto ad indicare: 1.° se in un apparecchio o in un corpo qualsiasi che si voglia sperimentare vi sia o non vi sia una corrente elettrica; 2.° se questa corrente sia debole o forte; 3.° quale sia la sua direzione, che è quanto dire, quale sia quella parte dell'apparecchio, o del corpo, che deve essere considerata come polo positivo e quale sia quella parte che deve essere considerata come polo negativo.

Per ben comprendere il principio che serve di fondamento al moltiplicatore di Schweigger, fermiamoci a considerare gli effetti della corrente elettrica quando il filo congiuntivo non passa semplicemente sopra, sotto o di fianco all'ago, ma quando il filo gli *gira* intorno come si scorge nella fig. 128 ove *a b* è l'ago calamitato ed MNQPR

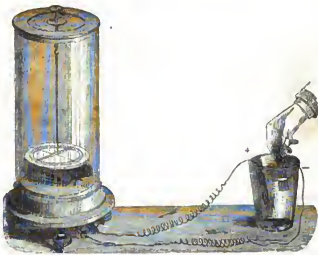


Fig. 127. Moltiplicatore, reometro o galvanometro.

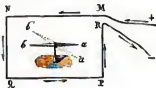


Fig. 128. Ago magnetico circondato dalla corrente.

è una parte del filo congiuntivo conformata a rettangolo e disposta nel piano del meridiano magnetico. Come si comprende dall'ispezione della

figura, la corrente *entra* per M, *esce* per R. Supponiamo che l'estremità *a* rappresenti ancora il polo Nord, l'estremità *b* il polo Sud dell'ago, precisamente come nelle figure 115, 116 con la scorta delle quali potremo prevedere che la corrente elettrica tanto nel percorrere il tratto MN,

quanto nel percorrere il tratto QP spingerà e obbligherà l'ago a ruotare in maniera che *a* (per così dire) si avanzi verso chi legge portandosi in *a'* e *b* si allontani dal lettore, portandosi in *b'*, analogo effetto verrà prodotto dalla corrente diretta da P verso R, come si scorge chiaramente dalla fig. 129 ed identico risultato produrrà la corrente circolante da N verso Q. Laonde tutti i

quattro lati del rettangolo percorsi dalla corrente, cospirano a spingere *a* verso *a'* e *b* verso *b'*; o



Fig. 129. Ago magnetico influenzato da una corrente verticale.

in altri termini, tutti cospirano a far ruotare l'ago in una stessa direzione. Rovesciando la corrente, facendo cioè che essa arrivi per disotto

e se ne vada per disopra, ciascuno dei quattro lati solleciterà l'ago nella direzione opposta a quel che prima faceva, epperò tutti e quattro cospireranno ancora ad un medesimo fine, se non che il fine adesso sarà di spingere *b* verso il lettore ed *a* lontano da questi.

« Potrete (1) facilmente accertarvi da voi medesimi che questa associazione di sforzi si verifica pure nel caso che il reoforo, invece d'essere piegato a rettangolo, sia piegato o curvato secondo una linea qualsivoglia. In ogni caso gli effetti prodotti dai vari pezzettini del reoforo cospirano tutti a far ruotare l'ago magnetico in un medesimo verso. Ecco dunque trovato un mezzo semplicissimo di accrescere l'efficacia d'una corrente sopra l'ago magnetico, basterà farla *girare* intorno ad esso. Anzi l'effetto può recarsi ad un grado molto maggiore col fare che la corrente giri parecchie volte intorno all'ago, ma



Fig. 132. TELAIO DI SCHWEIGER.

sempre in un medesimo verso, e ciò si ottiene coll'avvolgere il reoforo a più e più giri sopra un'intelaiatura di avorio, di legno, d'ottone in mezzo alla quale l'ago è imperuato o sospeso (fig. 130). Nel caso per altro che l'intelaiatura sia conduttiva (come appunto se fosse d'ottone), è necessario che il filo di metallo sia rivestito di ceralacca, vernice copale, gutta-perca o simili sostanze isolanti; giacchè altrimenti le circonvoluzioni comunicerebbero tutte tra loro per mezzo del telaio e quei tanti giri del reoforo non produrrebbero altro effetto che quello di un giro solo. Ed estendendo se il telaio sarà isolante diventerà necessaria la stessa cautela qualora si voglia avvolgerli il reoforo a giri fitti, poichè, due giri che per avventura si toccassero, anche solo in un punto, cesserebbero dal far l'effetto di due, riducendosi a quello di uno. Per questo uso, e per tutti generalmente quegli usi ai quali è richiesto che un reoforo sia bene isolato in

tutta la sua superficie, è benissimo il filo di rame coperto con filo di seta che si trova in commercio. Un filo siffatto può, per esempio, venire avvolto sopra un'intelaiatura conduttiva a circonvoluzioni non solamente fitte, ma proprio contigue, e la corrente vi si propaga per entro in maniera che ognuna di queste circonvoluzioni agisce da sè.

« Ed ora riesce facile il comprendere l'importante applicazione di questi fatti ideata da Schweigger. Posto che la corrente devia l'ago magnetico dalla sua natural direzione; posto che la deviazione è più o meno considerevole secondochè la corrente è più o meno forte; ed è in un verso o nel verso contrario, secondochè la corrente passa nel reoforo per un verso o pel verso contrario: e posto finalmente che l'effetto si può accrescere assai coll'aumentare il numero dei giri, voi ben vedete che un ago calamitato sospeso (fig. 130) nel mezzo d'una intelaiatura avvolta a molti e molti giri da un reoforo isolato sarà un prezioso strumento, che ci potrà indicare le tre



Fig. 131. AGHINA STATICA.

cose suaccennate, cioè la presenza, l'intensità e la direzione della corrente elettrica che può esservi nel corpo che si vuol sperimentare. E questo strumento, in grazia delle molte circonvoluzioni, potrà servire anche nel caso che la corrente sia debolissima.

« V'è una maniera ingegnosa di accrescere ancor più la sensibilità di un apparecchio siffatto; ed ecco quale. Allorchè la corrente passa vicino ad un ago, questo non perde già la sua tendenza naturale a dirigersi verso il Nord; cede bensì pel momento alla forza sopravvenuta che lo volta ad altra parte, ma conserva tuttavia la sua proprietà, e perciò poi torna a voltarsi al Nord tostochè la forza nuova, cioè la corrente, cessa di operare sovra esso. Ne viene di conseguenza che l'ago resiste alla forza che la corrente gli fa, o in altre parole, il magnetismo dell'ago è un ostacolo all'azione dell'elettricità. Or ecco il modo ingegnoso di rimediare a questo inconveniente. Si sospendono ad un medesimo filo rigido (fig. 134)

(1) ABBONDOLI, Op. cit., pag. 1012 e seg.

di sostanza non magnetica, due aghi calamitati orizzontali e paralleli tra loro, ma posti al rovescio, vale a dire in maniera che la punta australe del superiore sovrasti alla punta boreale dell'inferiore, e la boreale di quello all'australe di questo. E siccome ciascuno dei due aghi tende a voltarsi colla punta boreale al Nord e coll'australe al Sud, così l'uno cercherà di far ruotare il filo per un verso e l'altro cercherà di farlo ruotare nel verso contrario. Se avessero precisamente un medesimo grado di magnetismo, questi due sforzi si distruggerebbero affatto l'un l'altro, e il sistema non avrebbe più alcuna forza direttrice o tendenza a voltarsi piuttosto verso una parte che verso un'altra. Ma tale perfetta uguaglianza nè si potrebbe ottenere facilmente nè si desidera; bensì l'artefice procura che gli aghi abbiano forze magnetiche appena differenti tra loro, e così il sistema tende ancora a voltarsi nel solito modo degli aghi magnetici, ma con forza debolissima. Questa ingegnosa combinazione di due aghi magnetici fu ideata dal fisico parmigiano Nobili, e da lui nominato *sistema astatico*.

« Vediamo ora come un sistema astatico possa aumentare singolarmente la delicatezza dell'apparecchio immaginato per misurare le correnti. Se le circonvoluzioni del reoforo abbracciassero entrambi gli aghi, è chiarissimo che il sistema, come è quasi insensibile al magnetismo terrestre, così sarebbe quasi insensibile alla forza della corrente: poichè essendo gli aghi disposti inversamente, e dovendo i loro poli simili trasferirsi verso una medesima banda, è evidente che mentre la punta destra dell'uno, per esempio, cerca di avanzarsi verso l'osservatore, e la sinistra d'allontanarsene, nell'altro accadrebbe l'effetto contrario, cioè la punta destra cercherebbe di allontanarsi e la sinistra di appressarsi. Ma facciamo che il reoforo circondi solamente uno degli aghi, per esempio, l'inferiore *ab*, come esprime la figura 132, e vedremo che in questo caso il sistema benchè astatico pel magnetismo della Terra, è sensibilissimo alla corrente. E nel fatto, i due lati verticali *CF*, *DE* ed il lato orizzontale inferiore *EF* della circonvoluzione agiscono bensì sull'ago esterno, ma perchè tutti e tre sono più lontani da quest'ago di quel che sia il lato orizzontale superiore *CD*, perciò a conti fatti quel che prevale, ossia quel che determina il magnete a rotare in un verso piuttosto che nel contrario, è appunto il lato orizzontale superiore; sicchè

per antivedere il fenomeno basta concepire in qual modo debba operare sul magnete questo pezzo del filo conduttore. Ammettiamo che la corrente proceda nel filo nella direzione indicata dalle frecce e che i poli Nord dei due aghi sieno *b* e *b'*; ciò posto si immagini la personcina d'Ampère: ella avrà il capo dalla parte destra del disegno, i piedi dalla parte sinistra, precisamente come per l'ago interno (come si vede nella fig. 115); ma per quest'ago bisognava che ella guardasse ingiù, ossia che stesse bocconi, e per l'ago esterno al contrario bisogna ch'ella guardi insù, cioè che stia supina. E di qui chiunque rifletta un momento si persuade che, mentre per il primo ago ella aveva il braccio destro di qua del piano della circonvoluzione, adesso avrà di qua il braccio sinistro: e perciò poi mentre nell'ago interno *ab* la punta *a* cerca di venir fuori al di qua del detto piano, e la *b* cerca di ritirarsi al di là, nell'ago esterno — i cui poli sono invertiti — la

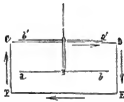


Fig. 132. AGO INFERIORE D'UN SISTEMA ASTATICO CIRCONDATO DALLA CORRENTE.

punta *a'* cerca di ritirarsi e la *b'* di avanzarsi. E finalmente è chiaro che appunto perciò, entrambi gli aghi cercano di ruotare in un medesimo verso.

« Se il sistema fosse astatico a rigor di termine, cioè se non avesse alcuna tendenza ad orientarsi nel solito modo degli aghi magnetici, la conseguenza sarebbe che ogni più debole corrente lo farebbe girare finchè non si fosse posto in croce con essa; cioè qualsiasi corrente produrrebbe nel sistema quel *maximum* d'effetto che nessuna corrente può produrre in un ago solo. Ma con ciò lo strumento perderebbe uno dei suoi pregi; poichè servirebbe bensì ancora ad avvisare che il reoforo è percorso da una corrente, e a mostrare in qual verso ne sia percorso; ma non potrebbe più servirci a valutare l'intensità della corrente, dacchè le correnti più deboli e le più vigorose vi cagionerebbero un medesimo effetto. Ecco perchè la perfetta uguaglianza delle forze direttrici nei due aghi magnetici, quando si potesse pur conseguirla, dovrebbe evitarsi.

« Lo strumento rappresentato dalla figura 127, che ben a ragione è detto *moltiplicatore* (perchè moltiplica od aumenta l'azione della corrente sull'ago magnetico per mezzo delle moltiplicate circonvoluzioni del reoforo), è anche conosciuto col nome di *galvanometro* o *reometro*; *galvanometro* perchè misura l'intensità delle correnti galvaniche o voltaiche (potrebbe dunque chiamarsi *voltmetro*, come l'apparecchio rappresentato dalla fig. 101, oppure questo potrebbe chiamarsi anch'esso *galvanometro*; ma l'uso ha voluto che l'un dei due nomi venisse riservato ad uno e l'altro all'altro dei due strumenti). *Reometro* poi perchè questo nome significa *misuratore delle correnti*.

« Come si scorge dalla fig. 127, la parte capitale dello strumento è contenuta in un cilindro di vetro che sorge da un piedestallo e che superiormente è chiuso da un disco. Questo è attraversato nel suo centro da una vite, la quale, per opera di una madrevite esterna, può venire spinta più abbasso o ritirata più in alto; la vite porta all'estremità inferiore un filo di seta e questo sostiene i due aghi magnetici; degli aghi uno si vede nel disegno interamente, ed è il superiore; l'altro sorge in parte dal vano dell'intelaiatura sottostante sulla quale sta avvolto il reoforo, ma la residua parte dell'ago inferiore rimane nascosta dalle circonvoluzioni del reoforo. Il cerchio graduato, che è sotto all'ago superiore e che è sostenuto dall'intelaiatura, serve evidentemente per misurare la maggiore o minor deviazione del sistema dalla sua posizione ordinaria; nella quale l'ago suddetto deve sovrastare direttamente alla linea media del lembo graduato, alla quale corrispondono i due punti diametrali 0° e 180° . Il filo rigido che unisce l'ago superiore all'inferiore passa liberamente per un foro centrale del cerchio e penetra pur liberamente nel vano dell'intelaiatura per un fesso che l'artefice ha praticato nel fitto gruppo delle circonvoluzioni col tirare un po' verso destra una metà del gruppo e un po' verso sinistra l'altra metà. Il piedestallo è portato da tre piedi a vite affinché, allungando questo o quel piede, si possa rendere orizzontale il cerchio graduato; che se fosse in pendio, potrebbe accadere che l'ago rotando venisse in parte dove strisciasse sul cerchio, e questo attrito gli impedirebbe di continuare il suo moto. Le due aste ricurve che si scorgono nella parte inferiore destra del piedestallo, sono me-

talliche e comunicano metallicamente col filo conduttore avvolto all'intelaiatura, alle loro estremità sono attaccati i reofori provenienti dalla pila, o in generale dalla sorgente elettrica.

« Abbiamo creduto conveniente descrivere minutamente il *moltiplicatore*, poichè non v'è per lo studio dell'elettricità dinamica strumento più prezioso di questo: anche il voltmetro gli è di gran lunga inferiore; in primo luogo, per rispetto alla sensibilità, giacchè gli aghi del reometro si muovono visibilmente anche per effetto di certe correnti debolissime che appena in capo a lunghissimo tempo decomporrebbero qualche stilla d'acqua; in secondo luogo, per rispetto alla prontezza, giacchè gli aghi deviano dalla loro posizione naturale e si acquietano nella nuova, entro il termine di pochi minuti, laddove è necessario molto tempo affinché una corrente elettrica, anche gagliarda, scomponga tanta acqua da potersi misurare con sicurezza; e in terzo luogo, dal lato della significanza, poichè gli aghi col deviare piuttosto a dritta che a sinistra significano immediatamente anche il verso della corrente. Dobbiamo soggiungere tuttavia che la somma delicatezza del galvanometro può in certi casi riescir nociva e che generalmente per le correnti *assai forti* è preferibile il voltmetro.

« Affinchè il lettore non si formi false opinioni, riguardo a quest'importante strumento, vogliamo avvertire che il lembo del cerchio suole dividerli in *gradi* (cioè in parti eguali fra loro e di tal grandezza che nell'intera circonferenza ne capirebbero 360): e perciò a significare l'intensità di una corrente suole enunziarsi il numero di gradi che l'ago percorre sotto l'azione di quella, allontanandosi dalla sua natural direzione; per esempio, dicono: la corrente produsse 18 gradi di deviazione, produsse una deviazione di 30° , ecc. Ma bisogna por mente che a doppio, triplo.... numero di gradi non corrisponde un'intensità doppia, tripla.... Se a far che l'ago percorra i primi 5 gradi dallo zero verso 90° , è necessaria una certa intensità di corrente, è poi necessaria un'intensità maggiore per fargli percorrere i 5 gradi susseguenti, e ancor maggiore per i 5 che vengono appresso, ecc.; cosicchè la deviazione 10° significa un'intensità più che doppia di quella che è significata dalla deviazione 5° , e la deviazione 15° un'intensità più che tripla. Tuttavia fino circa a 20° le differenze accennate sono sì lievi da poterle francamente trascurare. Diremo dunque, per

esempio, senza *error pratico* di sorta, che una corrente, la quale dev'è l'ago 6 gradi, ha forza tripla di quella che lo devia 2 gradi; ma sarebbe molto errato il dire che la corrente misurata da 48° ha forza tripla di quella che è misurata da 16°, poichè veramente avrà una forza assai maggiore del triplo. Siccome poi la legge di queste diminuzioni è diversa da reometro a reometro (secondo la forza magnetica degli aghi, la loro lunghezza e molte altre circostanze), così non può insegnarsi una regola generale per interpretare le indicazioni, ma per ciascun reometro bisogna scoprire coll'esperienza come si aumentino le deviazioni coll'aumentarsi l'intensità della corrente.

« Osserviamo per ultimo che sebbene, in generale, quanto maggiore è il numero dei giri, col quali il reometro abbraccia l'intelaiatura, tanto maggiore è l'efficacia della corrente sugli aghi, e quindi tanto maggiore risulta la sensibilità dello strumento, pure sonvi casi nei quali è inutile moltiplicare le circonvoluzioni, e torna anzi meglio limitarsi a pochi giri o ad un solo. » Par rendersi conto di quest'apparente anomalia conviene rammentare che non solo la corrente elettrica non percorre con egual facilità tutti i corpi, ma anche in corpi della stessa sostanza e d'egual grossezza essa incontra tanta maggior difficoltà quanto più sono lunghi; perciò si dice che i *conduttori resistono alla corrente* e che a pari sostanza e grossezza, la resistenza presentata da due conduttori è *proporzionale alla loro lunghezza*. Vedremo fra breve come si misuri codesta resistenza; per ora osserviamo che la corrente elettrica nel recarsi da un polo all'altro d'una pila, attraversando un galvanometro, incontra parecchie resistenze, alcune *prima* di arrivare al galvanometro, altre *dopo* d'esserne uscita, altre ancora nel percorrerne le due spire. « Perciò la resistenza *totale* può considerarsi composta di due; l'una *fuori* del galvanometro, l'altra *dentro*. E col fare due, tre... cento giri invece d'uno solo, noi raddoppiamo, triplichiamo... centuplichiamo solamente la *seconda* mentre la prima rimane inalterata. Dunque è chiarissimo che accresciamo bensì la resistenza, ma non a segno da renderla doppia, tripla... centuple: e questo è poi quanto dire che indeboliamo bensì la forza della corrente, ma non a segno da renderla una metà, un terzo... un centesimo di quel che era. Non è vero pertanto — come potrebbe

sembrare a primo aspetto — che facendo due giri abbiamo due forze, ciascuna delle quali è una metà di quella che avevamo da un giro solo; ma con due giri abbiamo due forze, ognuna delle quali è più piccola bensì dell'anzidetta, per altro più grande d'una sua metà: dunque due giri insieme ci danno una forza più grande di quella che ci dava un solo giro. E parimente non è vero che tre giri siano tre forze uguali, ognuna ad un terzo di quella d'un giro; ma tre giri sono tre forze, ciascuna delle quali è maggiore di un terzo; dunque tre giri insieme danno una forza maggiore di quella di un giro; e così continuando. » Con analogo ragionamento si riconoscerebbe che fra due numeri di giri è più efficace il più grande. « Ora, per conoscere la resistenza totale in diversi casi, conviene prendere le diverse resistenze che la corrente incontra *nel galvanometro* in questi diversi casi, e aggiungere a tutte una medesima quantità, cioè la resistenza *fuori del galvanometro*. Ebbene, questa aggiunta altera il rapporto delle resistenze, e propriamente riesca meno sensibile nelle resistenze più grandi, sicchè, per esempio, la resistenza di 30 giri coll'aggiunta della resistenza esterna non è 6 volte maggiore della resistenza di 5 giri colla medesima aggiunta, benchè 30 sia 6 volte maggiore di 5. Se la resistenza fuori del galvanometro sarà piccolissima, il rapporto delle resistenze totali nei vari casi sarà pochissimo diverso dal rapporto delle resistenze interne al galvanometro; per esempio, la resistenza nel caso dei 30 giri sarà poco meno che sestupla di quella corrispondente a 5 giri. Per conseguenza poi la forza della corrente sarà ridotta a poco più di $\frac{1}{6}$; e pigliando 6 quantità, ognuna delle quali è poco più di $\frac{1}{6}$, non potrà mai risultare se non poco più dell'intero. Dunque in tutti quei casi nei quali la resistenza incontrata dalla corrente fuori del galvanometro è piccolissima, non v'è guadagno sensibile ad aumentare il numero dei giri; aggiungiamo ora che il guadagno riesce sempre minore di quanto si è detto, poichè non tutte le circonvoluzioni del galvanometro hanno eguale efficacia sull'ago calamitato, come sin qui abbiamo tacitamente supposto per rendere più facile il discorso. Non tutte le circonvoluzioni sono egualmente vicine all'ago, ma la più vicina è quella che gli sta sopra direttamente, e le altre a dritta e a sinistra di questa circonvoluzione centrale, come sono più lontane da lei, sono più lontane eziandio dall'ago

magnetico. Or non è dubbio che le circonvoluzioni più lontane dall'ago avranno su questo un'azione men forte. Dunque il guadagno calcolato qui sopra, nella supposizione che tutti i giri operassero ugualmente, è alquanto maggiore del vero, e per accostarci al vero dobbiamo farvi una piccola sottrazione. Quando il guadagno fittizio calcolato in quel supposto è rilevante, questa piccola sottrazione non importa, e riman fermo che l'aumentare il numero dei giri reca vantaggio. Ma quando il guadagno fittizio è già poca cosa, la sottrazione in discorso vi riesce sensibilissima, e rende affatto inutile l'accrescimento dei giri. E noi abbiamo visto or ora che il guadagno fittizio è molto o poco, secondo che la resistenza fuori del galvanometro è grande o piccola in paragone della resistenza dentro del galvanometro. Dunque riesce confermato ciò che s'è visto di sopra, cioè che il moltiplicare i giri è vantaggioso nei casi di resistenza esterna considerevole, ed è inutile nei casi contrarii. »

L'attitudine del galvanometro a rivelare anche le più deboli correnti elettriche giovò non poco ai progressi della fisica; per tacere di molti altri ci limiteremo ad accennare l'ingegnossima applicazione fattane dal nostro Melloni per lo studio del calorico raggiante.

« Nel 1821 il fisico prussiano Seebeck scoprese che formando un circuito di due metalli diversi, e scaldando o raffreddando una delle giunture, si sveglia in quel circuito una corrente elettrica. Il più facile esperimento che possa farsene è di saldare le estremità del filo moltiplicatore d'un galvanometro alle estremità d'un pezzo di metallo, per esempio, d'una spranghetta di platino, e poi scaldare con una lucerna, o raffreddare con ghiaccio una delle due saldature. L'ago devia tostantemente tutte due le volte, ma da parti contrarie. » Chi non ha un

galvanometro può supplirvi con un semplice ago magnetico AB (fig. 133) mobile sopra un perno verticale piantato sul lato inferiore C d'un rettangolo, tre lati del quale sono formati con grosso filo di rame, mentre il quarto lato SS' è di bismuto. Riscaldando l'una delle due saldature — per esempio quella in S — ad una fiamma, si vedrà tosto deviare l'ago da una parte; raffreddandola, l'ago devia dalla parte contraria. Consimili effetti si otterrebbero riscaldando o raffreddando la saldatura S'; però se scaldando la S, la punta Nord dell'ago si dirige a Levante e se raffreddandola la punta istessa si dirige a Ponente, converrebbe raffreddare la giuntura S' per ottenere il primo risultato, riscaldarla per ottenere il secondo. Di maniera che ciò che importa è solamente quale sia la più calda delle due saldature: quando la più calda è la S, il magnete

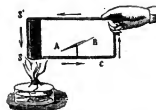


Fig. 133. ESPERIENZA DI SEEBECK (1821).

devia verso una certa parte, dunque la corrente ha una certa direzione: quando la più calda è la S la direzione è l'opposta. Per qual cagione poi si trovi maggiormente calda una delle due saldature, cioè se per essere stata scaldata ovvero per raffreddamento dell'altra, ciò non fa nulla. Quando i due metalli adoperati sono bismuto e rame, la corrente si muove dalla saldatura più calda alla meno calda percorrendo il rame. Questa direzione potrebbe variare facendo uso di altri metalli (1). Avvertiamo poi che a ben osservare la deviazione dell'ago è mestieri impu-

(1) Nella serie seguente: antimonio, arsenico, ferro, zinco, oro, rame, ottone, piombo, stagno, argenteo, manganese, cobalto, palladio, nichelo, mercurio, bismuto, un dato metallo assume la tensione positiva, rispetto al successivo e la negativa rispetto ai precedenti scaldando la loro saldatura: poiché nell'interno del circuito la corrente procede da un dato metallo all'antecedente della serie. L'antimonio ed il bismuto, che occupano i due estremi della serie, producono, quando sono congiunti, le correnti più intense.

• Più coppie bimetalliche, unite in serie, le cui giunture siano alternativamente l'una calda e l'altra fredda, formano una pila termoelettrica. Ed in questa la forza elettromotrice è tanto maggiore quanto più discosti si trovano nella serie precedente i due metalli che la costituiscono: e, per dati metalli, cresce colla differenza di temperatura delle giunture. La differenza nelle tensioni dei due poli è proporzionale al numero delle coppie; invece la quantità della

corrente è in rapporto colle estensioni della superficie di contatto dei metalli eterogenei.

• I metalli aventi una struttura cristallina, come il bismuto e l'antimonio, ancor quando formano un circuito continuo, qual sarebbe un nœud ou un rettangolo ottenuto colla fusione, possono produrre una corrente elettrica, scaldandosi in prossimità di certe sezioni, che Seebeck disse punti neutri, e che Matteucci riscontrò corrispondere ad una cristallizzazione confusa o poco regolare che nel resto del circuito.

• Analoghi a questi sono i fenomeni elettrici che presentano alcune pietre cristalline. Sino dal 1759, Epino riconobbe che le termaline acquistano la polarità elettrica col variare la temperatura, sia in aumento, sia in decremento, e che allora, spezzandole, ogni frammento presenta la polarità, colle tensioni contrarie nelle due superfici d'una stessa frattura. Però in un dato cristallo la disposi-

gnare il circuito metallico — ancor prima di esporlo alla fiamma — in guisa che esso si trovi — e si mantenga durante l'esperienza — nel piano passante per l'ago calamitato, ossia nel meridiano magnetico.

Tali correnti sviluppate nei circuiti metallici da inuguaglianza di temperatura, vennero denominate correnti *termo-elettriche*, per distinguerle da quelle prodotte dalle varie pile precedente-

mente descritte che furono chiamate *idro-elettriche*.

« Non era difficile (1), dopo la scoperta di Seebeck, immaginare che congiungendo tra loro in qualche modo opportuno parecchie coppie simili di due metalli, per esempio, parecchie coppie di antimonio e bismuto, si sarebbero ottenute correnti inolto più intense di quelle che Seebeck aveva ottenute con una coppia sola. In altre pa-

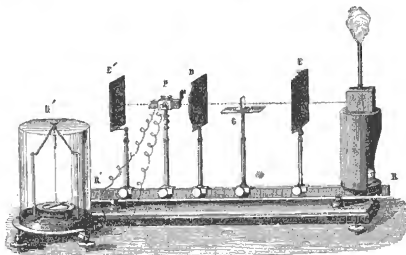


Fig. 131. BANCO DI MELLONI.

G' galvanometro; P pila termo-elettrica; R sorgente calorifica (che, nel caso qui rappresentato, è un cubo di rame — posto in faccia al termo-moltiplicatore — pieno d'acqua, mantenuta in ebullizione da una lampada ad alcool); E, D diaframmi con apertura variabile; K diaframma cieco.

role non era difficile immaginare che si sarebbe potuto fare una pila termo-elettrica unendo tra loro più coppie o elementi termo-elettrici, come Volta aveva fatta la pila idro-elettrica unendo tra

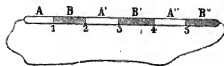


Fig. 135. VERGHE TERMO-ELETTRICA.

loro più coppie idro-elettriche. Tuttavia la maniera che si affaccia al pensiero per la prima, cioè di saldare semplicemente le une dietro le

zione dei due poli, ossia dello due controlo tensioni riesce inversa, secondo che queste sono provocate da incremento o da diminuzione di temperatura: anzi la polarità scompare nell'atto che la temperatura cessa di crescere e sta per scemare. Gauguin (1856), disponendo in batteria di quantità 15 termaline, coi poli onomali riuniti, poté caricare un piccolo quadro frankliniano, al d'averne scintille di circa 3 millimetri.

• Altre sostanze cristalline si elettrizzano col riscaldamento (onde

altre parecchie asticciuole, una d'antimonio, una di bismuto, e così alternando, riuscirebbe incommensurabile. »

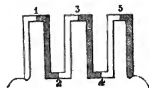


Fig. 136. PILA TERMO-ELETTRICA

E nel vero, rappresenti la fig. 135 una pila così fatta, dove A, A', A'' sono verghe d'antimonio, B, B', B'' di bismuto. Anzitutto, è evidente che non bisogna saldare tutte le saldature; giacché, per esempio, la vera-

ei dicono *cristalli piro-elettrici*, quali sono il topazio, lo zinco ossidato, la boracite, la frenite, il mesotipo, lo sfeno o l'axinite.

« Quei vari fenomeni appoggiano il principio: esistere un'intima relazione tra l'elettricità ed il calore; giacché questi due modi di forza si possono provocare o trasformare a vicenda, ora l'uno essendo effetto dell'altro, ed ora causa. »

(Estratto da CANTONI. Op. cit., pag. 126-130).

(1) AMOROSOLI, Op. cit., pag. 1032 o seg.

ghetta B trovandosi fra le due A ed A' non darebbe alcuna corrente quando venissero scaldate in un medesimo tempo le saldature 1 e 2. Poiché per essere saldata con A, essa dovrebbe generare una corrente diretta da destra a sinistra; ma per essere saldata con A' dovrebbe generare una corrente diretta da sinistra a destra: e perciò, se le due saldature sono scaldate ugualmente, non può determinarsi veruna corrente né in questo verso, né in quello. Ognuno si avvede pertanto che invece di scaldare tutte le saldature, bisogna scaldarne una sì e l'altra no, per esempio, tutte quelle di posto pari, cioè la 1.^a, la 3.^a, la 5.^a, ecc., oppure tutte quelle di posto dispari, cioè la

2.^a, la 4.^a, la 6.^a, ecc. Teniamoci, per esempio, alla nostra figura, o supponiamo di scaldare le saldature 1, 3, 5. In tal caso B con A genera una corrente diretta da destra a sinistra, e B' con A', e B'' con A'' fanno lo stesso: e B non ha alcuna tendenza a generare corrente nel verso contrario, perché la saldatura 2 non è scaldata; e similmente B' e B'' perché la saldatura 4 e quelle del filo non sono scaldate. Per conseguenza tutte le coppie cospirano ad un medesimo effetto, e producono insieme una corrente molto più forte di quella che ognuna di per sé avrebbe fornito. Ma d'altro canto a scaldare tante saldature così disposte, senza correr pericolo che si riscaldino le saldature intermedie, bisognerebbe usare

altrettanto lucerne, o generalmente altrettante sorgenti di calore, e impiegare qualche artificio per impedire che ciascuna sorgente aiutata dalla sua vicina non scaldasse anche la saldatura di mezzo. Oltre a ciò, il regolare tante sorgenti in maniera che tutte scaldassero con egual forza sarebbe assai malagevole.

« Ogni difficoltà svanisce quando si ripieghi la pila a zig-zag come indica la fig. 130. In questa forma tutte le saldature di posto pari riescono naturalmente da una stessa parte, e quelle di posto dispari dalla parte contraria: cosicchè non

v'è più alcuna difficoltà a scaldare simultaneamente e ugualmente tutte quelle di una specie, lasciando stare le altre: e, per esempio, basta immerger la pila nell'acqua bollente da quella parte dove sono le saldature dispari, tenendo fuori dell'acqua la parte opposta. Ovvero, per ottenere la corrente col raffreddamento, si può in quella vece mettere della neve sopra una delle due facce: e così discorrendo.

« Queste pile termo-elettriche furono ideate

dal Nobili, e le correnti che esse producono sono bensì debolissime a confronto delle idro-elettriche, ma affatto identiche a queste per ciò che riguarda la qualità degli effetti. Esse imitano in tutto le correnti ordinarie, senonchè la corrente di una coppia alla Bunsen è migliaia di volte più intensa di quella d'una pila termo-elettrica di mediocre grandezza.

« Con tutto ciò queste pile sono divenute uno strumento prezioso pei fisici, da che il Melloni (1) imaginò di valersene nello studio del calorico raggiante. Melloni

combinò la pila di Nobili col galvanometro; egli chiuse in una fascia d'ottone una pila termo-

(1) MACERONIO MELLONI uno dei più celebri scopritori e colui che rimarrà nella Storia della Scienza. Nato in Parma nel 1801, ivi professò la fisica fino a che la cieca reazione, dopo i moti del 1831, lo costrinse a lasciare la sua patria ed a recarsi in Francia. Già si aggiravano nella sua mente le grandi scoperte che dovevano procurargli la celebrità. Professore di fisica in una cattedra inferiore di Francia, quel nobile intelletto scorge che abbisogna di maggior teatro, ove gli sia concesso di sperimentare coi fatti i suoi grandi concepimenti: corre a Ginevra a proseguire i suoi studi e poscia ritorna a Parigi, per consolidare le sue ricerche coll'approvazione dei dotti di quell'illustre nazione. Toccarono al Melloni le traversie



Fig. 137. MACERONIO MELLONI.

elettrica di molte coppie sottili ristrette insieme acciò occupassero poco spazio, ma isolate una dall'altra per mezzo di qualche sostanza non conduttrice interposti. Da un lato della fascia sporgevano infuori le saldature pari, dall'altro le dispari. Congiunse poscia il primo antimonio con una delle estremità del filo d'un galvanometro, e l'ultimo bismuto coll'altra. In questo stato se una faccia della pila viene scaldata mentre l'altra resta alla temperatura dell'ambiente, subito si sveglia una corrente che devia il galvanometro. Affumicando la faccia che si vuol scaldare e tenendo coperta l'altra da una custodia d'ottone forbita, l'apparecchio riesce più sensibile e più sicuro. Questo è lo strumento che Melloni chiamò *termo-moltiplicatore* o *termattinometro*, che gli servi a fare la più parte delle sue grandi scoperte, e che anco al presente è impiegato nelle più delicate ricerche attinenti al calorico. Esso è tanto sensibile che rivolgendone la faccia affumicata verso una persona lontana parecchi passi, il calore di questa persona fa tosto deviare il galvanometro; ma oltre a ciò lo strumento ha certi pregi speciali che lo rendono superiore ai più squisiti termometri; i quali per altro, se volessimo esporli, ci condurrebbero troppo lontano. »

Prima di chiudere questo capitolo vogliamo ancora descrivere il *Reostato*, apparecchio che serve a misurare la resistenza incontrata dalla corrente elettrica nel percorrere un filo metallico di determinate dimensioni.

Il *Reostato* ideato dal fisico inglese Wheatstone si compone d'una cassetta contenente due cilindri eguali e paralleli A e B (fig. 138), entrambi girevoli intorno al loro asse orizzontale; il cilindro A è di metallo buon conduttore, ad esempio d'ottone, il cilindro B è di sostanza iso-

lante, ad esempio di vetro. Sulla superficie di quest'ultimo è praticato un canaletto ad elica destinato a ricevere un sottil filo di rame, una estremità del quale è saldata ad un anello metallico *a* comunicante con un reoforo della pila; questo filo metallico, avvolto in molte spire sul cilindro di vetro (B), passa quindi sul cilindro d'ottone (A), lo avvolge con le sue spire da *m* fino in *c* ove rimane fissata l'altra sua estremità. Una vite di pressione *n* mantiene immobile un filo di rame che stabilisce una comunicazione fra il cilindro d'ottone A e l'altro reoforo della pila. Un manubrio *d* (con impugnatura isolante) applicato all'estremità del perno del cilindro di vetro (B) serve a far ruotare quest'ultimo intorno al proprio asse; lo stesso manubrio, trasportato sull'estremità *c* del perno del cilindro A servirebbe a far ruotare il cilindro d'ottone.

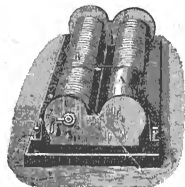


Fig. 138. REOSTATO.

Stando le cose come è indicato dalla figura e facendo ruotare il manubrio in direzione opposta al movimento degli indici d'un orologio, il filo di rame si svolge continuamente dal cilindro d'ottone (A) e si avvolge sul cilindro di vetro (B);

che incontrano sempre gli uomini superiori. Le sue scoperte furono disconosciute: non più fu dato il giudizio che egli si ardemente bramava nell'interesse stesso della scienza. Ma non tardò al fisico italiano una splendida riparazione: l'Istituto di Francia commise a tre insigni scienziati il riassunto dei lavori del Melloni. L'arago, il Biot, il Poisson non furono lenti a riconoscere il merito di quelle scoperte, poco dopo il Melloni divenne loro collega all'Istituto di Francia. E desiderando di tornare sotto il benigno cielo d'Italia, a richiesta dell'arago e del Humboldt venne in Napoli accolto (marzo 1839) e nominato Direttore di un Osservatorio meteorologico di cui fu tosto incominciata la costruzione sulle falde del Vesuvio. Membro dell'Accademia Pontaniana e dell'Accademia delle Scienze di Napoli, progredì nelle sue grandi scoperte, sino a che la reazione succeduta alla rivoluzione del 1848 rapì tutti i posti ai Melloni, ma non poté rapirgli quel posto eminente ch'egli si aveva guadagnato fra gli scienziati col suo ingegno e co' suoi perseveranti lavori. Macrodonio

Melloni fu una delle glorie italiane, fu tra coloro che segnarono un'epoca alle più grandi scoperte. Nuovi strumenti e nuove teorie rimangono nella scienza come frutto dell'ingegno del Melloni. Son tra' primi il termo-moltiplicatore, il magnetoscopio ed un nuovo elettroscopio ch'egli aveva di recente costruito quando il fatal miasma asiatico lo strappava (Portici presso Napoli, 12 agosto 1854) alle scienze ed all'amore de' buoni. Tutta la teoria del calorico raggiante, lavoro contrastato dappincipio, studiata dal Melloni per lunghi anni coll'umore del vero scienziato, è dovuta allo di lui assidue fatiche: ed il suo lavoro del magnetismo delle rocce, ove furono avuti molti nuovi principii, segna un infaticabile progresso nello studio del magnetismo terrestre. E si può ben dire che Macedonio Melloni si assiso accanto ai Galilei, ai Galvani, ai Volta ed a tutti i più insigni scopritori della verità.

(Estratto degli ATTI DELL'ACCADEMIA PONTANIANA, Vol. VIII. Napoli, 1864, pag. IX e seg.)

avverrebbe l'opposto qualora si trasportasse in *c* il manubrio *d* e si muovesse quest'ultimo nella direzione degli indici d'un orologio. Quando il cilindro di vetro fosse spoglio di filo e quest'ultimo fosse completamente avvolto sul cilindro d'ottone, la corrente elettrica entrante nel *Reostato* dal reoforo *o* ed uscente pel reoforo *n* non percorrerebbe le molteplici spire del filo di rame, poiché il cilindro d'ottone (*A*) le offre agevolissimo varco; quando invece tutto il filo fosse avvolto sul cilindro di vetro (*B*), la corrente nel recarsi da *o* in *n* sarebbe obbligata a percorrere quel filo in tutta la sua lunghezza poiché — come ben sappiamo — il vetro non si presta al transito della corrente. Lo sperimentatore potrà poi a suo talento obbligare la corrente a percorrere un tratto più o meno grande di filo, bastando all'uopo avvolgerne un tratto più o meno grande sul cilindro di vetro.

Aggiungiamo infine che la corrente uscente per *n* attraversa un galvanometro (invisibile nella nostra figura), questi — come il lettore avrà già indovinato — presenta la massima deviazione nel primo caso, quando cioè la corrente passe da *o* in *n* percorrendo un brevissimo tratto di filo, presenta invece la minima deviazione quando nel tragitto da *o* in *n* la corrente è obbligata a percorrere successivamente tutte le spire del filo di rame avvolto da un capo all'altro del cilindro di vetro; e finalmente la deviazione riesce intermedia fra le precedenti quando parte del filo è avvolta sul cilindro di vetro e parte è avvolta su quello d'ottone: la deviazione del galvanometro risulta tanto minore, quanto maggiore è la lunghezza del filo di rame avvolto sul cilindro di vetro. In altri

termini: sperimentando fili di varie lunghezza, tutti formati d'egual materia ed aventi tutti egual diametro, si riconobbe che la resistenza (misurata dalla minor deviazione del galvanometro) che essi oppongono al passaggio della corrente aumenta coll'aumentare della lunghezza, ossia è direttamente proporzionale alla lunghezza del filo; sperimentando invece fili d'egual lunghezza, ma di diametri diversi — rimanendo però sempre identica la materia di cui sono fatti — si riconobbe che la resistenza cresce col diminuire dell'area della sezione (ottenuta tagliando il filo perpendicolarmente al suo asse), perciò la resistenza opposta da fili cilindrici al passaggio della corrente è inversamente proporzionale ai quadrati dei loro diametri (1).

Per paragonare le varie resistenze opposte dei vari corpi al passaggio della corrente elettrica, i fisici adottarono per unità di resistenza quella presentata da una colonna di mercurio, alta un metro, contenuta in un sottil tubo di vetro la cui sezione interna presenta la superficie di un millimetro quadrato. Introdotta questa colonna fra i due reofori d'una pila si tien nota della corrispondente deviazione del galvanometro poscia si toglie la colonna e si sostituiscono successivamente ad essa dei fili di metalli diversi — aventi però tutti sezione eguale a quella della colonnetta di mercurio — avvolti intorno al cilindro di vetro del *Reostato* e si tien nota della lunghezza che ciascuno di essi deve avere affinché la corrente, percorrendolo, provochi nel galvanometro deviazione eguale a quella precedentemente ottenuta intercalando nel circuito la colonnetta di mercurio (2).

(1) Il che vuol dire che se un filo di un dato metallo, di determinata lunghezza, del diametro, ad esempio, di 4 millimetri oppone una determinata resistenza alla corrente: un altro filo, dello stesso metallo, d'identica lunghezza, ma del diametro di 2 millimetri, opporrà al passaggio della corrente una resistenza espressa da $\frac{4 \times 4}{2 \times 2} = 4$ volte la precedente.

(2) Dalle esperienze istituite dal fisico Becquerel risulta che lodando con 100 μ resistenza opposta, al passaggio della corrente, da una colonnetta di mercurio, la resistenza presentata da fili metallici di lunghezza e diametro eguali a quelli della colonnetta di mercurio, è la seguente:

Argento	1.93	Zinco	7.45	Piombo	21.85
Rame	2.72	Stagno	13.75	Platino	22.40
Oro	2.79	Ferro	14.86	Mercurio	100.00

Per conseguenza se una colonnetta di mercurio alta un metro ed aveva la sezione d'un millimetro quadrato oppone una determinata resistenza al transito della corrente, la resistenza risulterà invariata

sostituendo successivamente, a quella colonnetta di mercurio, dei fili metallici di identica sezione e delle lunghezze seguenti:

Argento	51. ^m 81	Zinco	12. ^m 52	Piombo	4. ^m 56
Rame	49. ^m 45	Stagno	7. ^m 56	Platino	6. ^m 46
Oro	55. ^m 88	Ferro	8. ^m 73	Mercurio	1. ^m 00

Questo breve quadro indica chiaramente che, dei metalli in esso registrati, l'argento è percorso dalla corrente più facilmente del rame, questi più dell'oro e così via, finché si arriva al meno conduttivo, che è il mercurio.

Sperimentando poscia anche i liquidi si riconobbe che essi sono molto meno conduttivi dei metalli. Il potere conduttivo d'un liquido aumenta saturandolo di sale; tuttavia rappresentando con 100,000 il potere conduttivo dell'argento puro, quello della soluzione salina più conduttiva d'ogni altra è rappresentato solo da 1.12; quello dell'acido nitrico da 0.91.

All'aumentare della temperatura aumenta pure la conduttività dei liquidi, ma invece diminuisce quella dei metalli. All'ordinaria temperatura i gas sono isolanti, divengono però ottimi a trasmettere la corrente quando sono riscaldati ed alta temperatura.

III.

Azione magnetica delle correnti elettriche. — Magnetizzazione temporaria del ferro dolce e permanente dell'acciaio prodotta dalle correnti elettriche. — Influenza della forma dell'elica nella posizione dei due poli. — Calamite temporarie a ferro di cavallo. — Straordinaria potenza di queste calamite. — Prontezza degli elettro-magneti ad acquistare od a perdere il magnetismo. — Macchine magneto-elettriche.

Ripetendo l'esperienza di Oersted, nel settembre 1820, l'illustre Arago osservò, prima d'ogni altro, che un filo metallico percorso dalla corrente elettrica attrae la limatura di ferro e che questa vi si attacca in forma di setole, come intorno ad una calamita, mostrando con ciò che i diversi minuzzoli di ferro componenti ciascuna setola si sono calamitati. Aperto il circuito, ossia interrotta la corrente, la limatura di ferro cade tosto; chiudendolo nuovamente la limatura è attratta di bel nuovo. Non è dunque il filo congiuntivo, ma la corrente che imita anche in questo le calamite. Ampère studiò attentamente anche questo fenomeno che stabilisce un nuovo legame fra l'elettricità ed il magnetismo, e riflettendo che l'efficacia della corrente a deviare l'ago magnetico aumenta col farla girare più volte intorno ad esso (Vedi pag. 117), pensò che forse, giovandosi dello stesso mezzo, si aumenterebbe la potenza della corrente a calamitare il ferro. Posto che una corrente, passando semplicemente a fianco d'un minuzzolo di ferro, lo magnetizza, forse obbligando la corrente a girare più volte intorno ad una spranga di ferro o d'acciaio, magnetizzerà anche questa.

« Ampère (1) mise tosto ad effetto questo suo pensiero: introdusse un'asta d'acciaio entro una canna di vetro, avvolse su questa un filo di rame e attaccò le estremità del filo ai poli d'una pila. Dopo questa operazione trovò che l'asta era divenuta un magnete, e ripetendo la prova si assicurò che a produrre l'effetto bastava un momento, perocchè disponendo le cose in maniera da poter chiudere il circuito, e subito riaprirlo, l'asta si trova magnetizzata per opera di questa corrente, che è pur durata un momento solo. Questo magnetismo è poi durevole come quello originato dagli ordinarii metodi di calamitazione.

« Se invece di un'asta di acciaio si colloca nella spirale od *elica* del reoforo un'asta di ferro dolce (ossia purissimo, del tutto scevro di sostanze eterogenee), questa pure si magnetizza sul momento, allorchè la corrente percorre la spirale,

ma perde poi tosto il magnetismo allorchè cessa la corrente. Sotto questo rispetto sono dunque ancora similissime l'azione d'una corrente e quella d'una calamita, poichè entrambe magnetizzano perennemente l'acciaio e temporariamente il ferro dolce. Ma quanto alla forza, questo nuovo metodo è di gran lunga superiore a tutti gli altri, giacchè se l'asta è grossa, e grosso il reoforo, e avvolto per molti e molti giri (onde conviene che sia coperto di seta, affine di poter fare giri contigui), e finalmente se la pila è gagliarda, si ottiene una forza straordinaria.

« I poli di queste *elettro-calamite* o *calamite temporarie*, si trovano, come in tutte le calamite, alle estremità della spranga. Se l'elica è *dextrosum* il polo boreale dell'asta riesce dalla parte per cui entra la corrente, l'australe invece dalla parte per cui esce la corrente; l'opposto avviene se l'elica è *sinistrosum*. Perciò ammettendo che la corrente cammini nel verso indicato dalle frecce (nelle fig. 125, 126), entrambe le aste avranno il polo australe in *a*, il polo boreale in *b*.

« Si può anche fare una *calamita temporaria a ferro di cavallo*, ed anzi è questa la forma più usata, affine di poter adoperare in un medesimo tempo entrambi i poli e sostenere così (a cagion d'esempio) un peso più considerevole di quel che potrebbe sostenere un sol polo. La sola avvertenza da usare è che il filo sia avvolto in un medesimo verso così sull'uno come sull'altro ramo, sicchè le due spirali siano o *dextrosum* tutte due o tutte due *sinistrosum*. E ciò si consegue senza difficoltà adoperando per entrambi i rami un medesimo filo, il quale comincia a r avvolgersi sopra un ramo all'estremità di questo, si stende co' suoi giri fin verso la curvatura del ferro di cavallo, e, quivi giunto, fa passaggio all'altro ramo, ma non già passando semplicemente dinanzi al vano interposto, bensì traversandolo in isbieco, secondo che apparisce nella figura 139; dopo il qual passaggio, il filo procede innanzi su questo ramo e lo copre fino all'estremità. In tal maniera le eliche risultano

(1) *Annecchioli*, Op. cit., pag. 1097 e seg.

d'uno stesso genere, il che non avverrebbe se il filo non traversasse l'apertura del ferro di cavallo da parte a parte nel modo indicato: e ognuno se ne può persuadere agevolmente pensando o disegnandosi l'elettro-magnete in questo nuovo supposto.

« L'importanza poi di questa pratica è manifesta, essendo che la corrente deve entrare per l'estremità di un'elica e uscire per l'estremità corrispondente dell'altra: a cagion d'esempio, se noi ci teniamo al nostro disegno, e per facilità di discorso chiamiamo A e B i due rami del ferro di cavallo, la corrente entrerà, poniam caso, per l'estremità inferiore dell'elica avvolta su A, ed uscirà per l'estremità inferiore dell'elica avvolta su B. Ma siccome quest'elica sono tutte e due *dextrorsum* o tutte e due *sinistrorsum*, così vale per ambedue la medesima regola, cioè la spirale racchiusevi prenderanno ambedue il polo boreale in quella parte donde la corrente entra, o il polo australe in quella donde esce; oppure faranno ambedue il contrario. Dunque A avrà il polo boreale all'estremità inferiore e B il polo australe, se le eliche sono *dextrorsum*; oppure A il polo australe e B il boreale, se sono *sinistrorsum*: e ad ogni modo A e B avranno inferiormente poli contrarii. Supponete in



Fig. 139. ELETTRO-CALAMITA A FERRO DI CAVALLO.

quella vece che il filo non traversasse l'apertura del ferro di cavallo nel modo anzidetto; e teniamo del resto tutte le circostanze imaginare: in tal caso se l'elica è *dextrorsum* e la B *sinistrorsum*, e risulterà boreale l'estremità inferiore di A e boreale quella di B; ovvero A è *sinistrorsum* e B *dextrorsum*, e risulterà australe l'estremità inferiore di A e cho di B: ad ogni modo queste due estremità saranno poli simili. Ora, come è ben noto, due poli magnetici vicini tra loro si contrastano e si indoliscono, se sono simili; indovino si aiutano e si rinforzano, se sono dissimili. Bisogna dunque avvolgere il filo nel modo indicato.

« È poi indifferente avvolgere il filo veramente sui rami del cilindro di ferro ripiegato, oppure introdurre ciascuno di questi due rami in un rocchetto di legno ed avvolger poscia il reoforo sul rocchetti (un rocchetto di ottone, di stagno e di cert'altre sostanze nuocerebbe all'effetto). Anzi questa seconda maniera è preferibile, perché qualora la rivestitura di seta del reoforo volesse

a sdruscirsi in qualche parte, i giri così denudati si troverebbero in comunicazione conduttrice tra loro se fossero applicati immediatamente sulla superficie del ferro, mentre al contrario, essendo applicati sopra il legno dei rocchetti (e si sceglie un legno ben secco, essendo esso un cattivo conduttore), essi rimarrebbero isolati uno dall'altro anche dopo tale accidente.

« Una verga cilindrica di ferro dolce d'un decimetro di diametro, piegata ad U, col filo delle spirali lungo 600 metri e colla corrente data da 40 coppie di Bunsen, valse — mercé la sottoposta

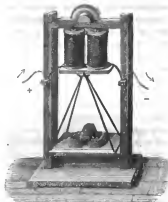


Fig. 140. ELETTRO-MAGNETE CARICA DI FERRO.

ancora di ferro dolce provveduta d'uncino e bacino (fig. 140) — a reggere l'ingente peso di diecimila chilogrammi (1).

« Simili effetti non si otterrebbero mai nè da una calamita artificiale fabbricata cogli altri metodi, nè da una calamita naturale (2). Ma quello

(1) Secondo Jacobi e Lenz, la forza magnetica così provocata nel ferro dolce è proporzionale all'intensità della corrente, al numero dei giri della spirale ed alla radice quadrata del diametro della verga cilindrica di ferro, che poi essa piena o cava nell'interno. Però la forza dell'ancora per regger pesi diminuisce rapidamente colla distanza di essa dalle estremità delle elettro-magnete. Così ad esempio, una magnete temporaria che reggeva chilogrammi 200 coll'ancora a contatto, ne regge solo 90, stando questa discesa di millimetri 0.1, e ne portò appena 40 alla distanza di millimetri 0.5.

(2) L'enorme forza magnetica di cui si può ormai disporre, grazie all'invenzione dell'elettro-calmita, permette di allargare d'assai i limiti della scienza del magnetismo a condurre alla scoperta di nuovi ed importanti fenomeni, ne ricominceremo uno fra i più importanti, il diamagnetismo. Per molto tempo si credeva che solo pochissimi corpi, in capo ai quali suol essere collocato il ferro, fossero sensibili alle

che è mirabile, qualora si adoperi il ferro dolce, è l'indicibile prontezza colla quale gli elettromagneti acquisiano e perdono il magnetismo. »

Si può riconoscere questa singolare proprietà delle elettro-calamite, servendosi dell'apparecchio rappresentato dalla figura 141; in esso l'elettro-calamita è formata di due cilindri di ferro dolce EE', paralleli, ricoperti dai soliti rocchetti; una sbarra orizzontale di ferro ne congiunge le due estremità di destra e stabilendo una comunicazione elettrica fra i due cilindri, rende l'azione dei medesimi del tutto identica a quella dei due rami d'un elettro-calamita a ferro di cavallo (figure 139, 140). A poca distanza dall'estremità sinistra di quel due cilindri è collocata una lastrina A di ferro purissimo, che in tal caso fa l'ufficio d'ancora, mobilitandosi intorno ad asse orizzontale V V', quest'ancora è sormontata da un'asticciolina t, la cui sommità è vincolata da



Fig. 141. ROCCETTI ELETTRO-MAGNETICI.

una molla ρ , che per la propria elasticità oppone qualche ostacolo alla rotazione dell'ancora A da sinistra verso destra — intorno all'asse V V' — e tende a ricondurla sempre verticale. Facendo passare la corrente elettrica nei reofori LL' e quindi anche per le spire EE', i cilindri di ferro in esse contenute divengono magnetici, e vincendo la resistenza della molla ρ , attraggono

calamite, Becquerel, Faraday, ed altri fisici moderni riconoscono all'azione che, in prossimità d'un forte polo magnetico, tutti i corpi manifestano — in grado più o meno grande — un'azione magnetica. Però alcuni corpi mostrano d'essere attirati dal polo stesso, altri invece accennano di essere respinti; i primi sono detti paramagnetici ed anche semplicemente magnetici, i secondi sono chiamati diamagnetici; però l'azione esercitata su questi ultimi dalla calamita è circa 100,000 volte più debile di quella che essa esercita sul ferro. Sono magnetici il ferro, il acciaio, il cobalto, il manganese, il cromo, il lantanio, il molibdeno ed alcuni composti di ferro, di nichel e di cobalto; fra i gas, l'ossigeno è fortemente magnetico. Per la similitudine e l'assoluta non in molto minor grado, sono diamagnetici il bismuto, l'antimonio, il selenio, lo zolfo, l'acido solforico, l'acqua, la cera, gli oli d'olive e di lino, l'alcolico, la resina, lo zucchero, la carne, il sangue e in generale le sostanze organiche. Il gas ammoniacale e l'idrogeno.

l'ancora A; interrompendo il circuito quest'attrazione cessa all'istante e la molla riconduce tosto l'ancora nella sua posizione normale.

« Per vero dire a questa somma prontezza è necessario che gli elettro-magneti siano d'un ferro dolce di perfettissima qualità, cioè sesto affatto di carbonio; che se contengono una dose di carbonio anche minima, cioè se la loro natura si avvicina minimamente a quella degli elettromagneti d'acciaio, in questo caso mostrano una tale quale renitenza a perdere il magnetismo. Ma, ripetiamo, se il ferro dolce è di ottima sorta, la rapidità degli effetti è prodigiosa. Apriamo e chiudiamo il circuito alternatamente e con tale rapidità che, per esempio, nel tempo d'un minuto secondo sia aperto 50 volte e chiuso 50 volte; e l'elettro-magnete in quel secondo attrarrà 50 volte la sua ancora, 50 volte la lascerà ricadere.

« E qui forse meglio che in ogni altro fenomeno apparisce la stupenda velocità dell'elettrico, cioè la stupenda prontezza colla quale una sorgente d'elettricità può far sentire i suoi effetti a grandi distanze. Perocchè, sia che il filo abbia la lunghezza di 10 o 12 metri, sia che abbia la lunghezza d'un centinaio di chilometri, la prontezza dell'effetto è quasi in stessa: a chiuder la pila subito l'ancora è attratta; all'aprirsi subito è abbandonata. L'intervallo di tempo tra la causa e l'effetto non comincerebbe ad apparire se non quando il filo fosse lungo molte migliaia di chilometri. »

Su questo proposito ritorneremo fra breve narrandovi come questa enorme celerità della corrente sia messa a profitto nell'utilissima invenzione dei telegrafi elettrici; frattanto crediamo opportuno presentarvi (fig. 142) un apparecchio ideato dal costruttore francese Froment per utilizzare il temporario magnetismo provocato, nel ferro dolce, dal passaggio delle correnti elettriche nelle spire costituenti il rocchetto che lo racchiude.

Una ruota di legno ad asse orizzontale — la quale occupa il centro della figura — è provveduta, sul suo contorno, di otto spranghe trasversali di ferro; intorno alla ruota sono distribuiti sei paia di roccetti elettro-magnetici (nella nostra figura se ne vedgono quattro, gli altri due furono ommessi per renderla più chiara) ossia cilindri cavi — formati da fitte spire di filo metallico ricoperto di seta — contenenti, ciascuno, un cilindro di ferro dolce. Un ingegnoso mecca-

nismo obbliga la corrente svolta dalla pila — visibile sulla destra della figura — a percorrere successivamente a due a due tutti i rocchetti disposti intorno alla ruota di legno; quando la corrente invade un paio di rocchetti gemelli, i cilindri di ferro dolce in esso racchiusi riescono calamitati ed attirano la più prossima spranga di ferro; grazie a tale attrazione la ruota incomincia a girare. Subito dopo il meccanismo distributore dell'elettricità obbliga la corrente ad abbandonare quei due rocchetti ed a percorrere invece gli altri due più prossimi; allora i due cilindri di ferro dolce che erano stati magnetizzati perdono incontanente la virtù magnetica e

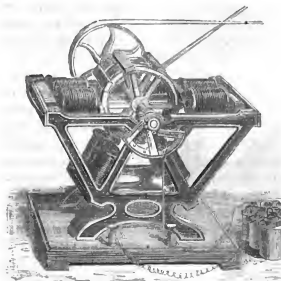


Fig. 142. MOTORE ELETTRO-MAGNETICO DI FROUMENT.

questa si sviluppa nei due cilindri contenuti nei rocchetti ora percorsi dalla corrente; una seconda spranga di ferro viene attratta dai cilindri di ferro dolce divenuti magnetici e la ruota compie un altro breve tratto dell'intera rivoluzione; frattanto la corrente abbandona anche quei due rocchetti e si reca in altri due ad essi contigui e così via. Avvertiamo però che il passaggio della corrente da un paio di rocchetti al paio più prosimo, da questi al terzo, e così via è quasi istantaneo e perciò — grazie al meccanismo distributore — la corrente percorre successivamente ed a brevissimo intervallo tutti i sei paia di rocchetti, la ruota acquista quindi un continuo movimento di rotazione intorno al proprio asse, movimento che può essere utilizzato trasmetten-

dolo all'organo operatore di qualche macchina. Questa trasmissione può effettuarsi, come vedesi nella figura, applicando lateralmente alla ruota di legno e sullo stesso asse di quest'ultima una ruota a largo contorno, sulla quale si avvolge un cingolo od una fune senza fine che poi va ad abbracciare altra ruota consimile, invisibile nella nostra figura, applicata all'albero motore della macchina che si desidera animare.

Sullo stesso principio è fondato il piccolo apparecchio rappresentato dalla fig. 143: le intermittenze magnetizzazioni comunicate dalla corrente d'una pila ad un cilindro di ferro dolce (contenuto in un rocchetto formato d'una fitta spirale di filo metallico rivestito di seta) sollevano intermittenemente un'ancora di ferro dolce il movimento della quale — trasformato mercè una biella ed una manovella — si trasmette ad un

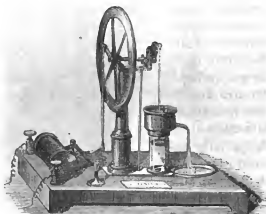


Fig. 143. POMPA ANIMATA DALL'ELETTRO-MAGNETISMO.

volante e quindi al gambo dello stantuffo d'una piccola pompa. Aggiungiamo però che questo grazioso apparecchio è ben lungi dal presentare le condizioni necessarie ad un vero motore industriale, e nessuno al certo impiegherebbe nè questo apparecchio nè quello rappresentato dalla figura 142, pel solo scopo di pompar acqua o di sviluppare altro lavoro meccanico che molto più economicamente si potrebbe ottenere sia da una macchina a vapore, sia da motori animati; poichè, per sviluppare un determinato lavoro meccanico, come abbiamo già detto a pag. 105, la spesa richiesta dalle pile — necessarie a produrre la corrente elettrica — è ben maggiore di quella occorrente ad alimentare le macchine a vapore o gli altri motori qui sopra menzionati.

IV.

Scoperte magneto-elettriche di Zantedeschi e di Faraday. — Correnti d'induzione. — Intensità delle scosse provocate dalle macchine magneto-elettriche, applicazioni delle stesse alla medicina. — Macchine magneto-elettriche di Clarke e di Nollet.

Come le correnti elettriche sviluppano il magnetismo, così le calamite svolgono correnti elettriche. Questo importante fenomeno fu per la

rimarcò una deviazione di 8 a 10° ora in un senso, ora nell'altro, secondo la posizione della calamita. Conobbe egli stesso la indeterminazione di tale

risultato, ed invitò i fisici ad occuparsene ulteriormente. Parlando da questa esperienza fondamentale l'illustre fisico inglese Faraday (3) giunse a scoprire un gran numero di importantissimi fenomeni che da essa dipendono. Faraday riconobbe che la corrente elettrica eccitata in una spirale (formata da un sol filo metallico rivestito di seta), introducendo in essa una verga calamitata (figura 146) ha durata brevissima e si manifesta solo nell'istante in cui la calamita penetra nel



Fig. 111. FRANCESCO ZANTEDESCHI.

(1) Crediamo opportuno riferire testualmente l'annuncio, dato dall'ab. Zantedeschi in una Nota sopra l'azione della calamita e di alcuni fenomeni chimici data da Pavia 27 marzo 1829, inserita nel Tomo LIII, pag. 393 e seg., della Biblioteca Italiana (Milano 1829).

«... Aggiungo in forma di appendice, un altro fatto da me osservato più volte in questo mese, il quale non dovrà almeno riuscire discaro, perchè tocca quello anello ad unire i diversi fatti elettro-magnetici colla loro sorgente. Ho presa una calamita fatta a ferro di cavallo, del peso circa di una libbra francese, che potes sostenere un peso di 4-5 libbre, ed attorno a ciascun polo ho avvolto strettamente un filo sottilissimo di rame in modo che, collocata la calamita ad una distanza di 15 a 16 piedi perigini, potes sperimentare sulle estremità separate di detti fili. Ora preso un moltiplicatore a due estremo, ho ai capi del filo del medesimo (che è di rame circondato di seta) attaccato due piastine di rame ben lucide, colle quali, mediante due verghe di legno, per non alterare la temperatura, congiunti i fili che abbiamo detto essere in comunicazione coi poli della calamita, ho veduto che l'ago magnetico avvisi dalla natura in sua posizione declinando verso l'oriente il polo al disopra del quale entra l'azione magnetica del polo nord, e verso l'occidente, se questa entra al disotto di esso, non altrimenti di quello che avviene coll'elettrico ordinario. La declinazione era di 8 a 10°. Mi pare che questo fenomeno non si possa ascrivere alla facilità elettro-

metrica, perchè il ramo trovasi fra due forze eguali e contrarie. E dato anche, come ho sperimentato nel liquido, che le correnti elettriche, qualunque sia la loro direzione, non sviniscano come la luce o il calorico raggiante, non dovrebbe il moltiplicatore dare alcun angolo, come è chiaro. Pare adunque che tale effetto debba ascrivere al magnetico, e però che il polo nord equivalga al polo zinco di un apparato voltiano. Io spero che altri sperimentando con moltiplicatori più delicati, come col sideroscopo di Leblanc, potrà ottenere effetti maggiori che udrò quando che sia con piacere.»

(2) Bibliothèque Universelle de Genève, janvier 1830, pag. 38; — *Antologia* di Firenze, settembre 1832, pag. 167; — *Annali delle Scienze del Regno Lombardo Veneto*, marzo ed aprile 1833, pag. 130; — *Commentarii dell'Ateneo di Brescia* 1832, pag. 81.

(3) MICHAEL FARADAY, nacque il 22 ottobre 1791 a Newington, nel Surrey, da poveri genitori, tuttavia il padre volle procurargli almeno la comune istruzione elementare, dopo di che il fanciullo passò come garzone da un legatore di libri di Londra. — Lì la sua mania di leggere trovò pascolo specialmente nell'opera di fisica e chimica, delle quali egli procurava di imprimerli nella mente il contenuto. — Conoscendovi tutti i suoi modesti riserbiti era riescito a mettere insieme una macchina elettrica, questa fu casualmente veduta da un inventore che per incoraggiare il giovanotto gli diede un biglietto d'ingresso per le ultime quattro lezioni che doveva tenere l'illustre

cilindro cavo e che simigliante fenomeno si ripete estraendo la calamita da quella cavità; però questa seconda corrente ha direzione opposta alla prima. La prima fu detta *corrente indotta* od *inversa*, poichè la sua direzione è contraria a quella delle correnti magnetiche con le quali si vuol rappresentare — secondo la teoria d'Ampère — l'azione della calamita. La seconda ricevette il nome di *corrente finale* o *diretta*.

Queste due correnti istantanee, ottenute introducendo od estraendo una verga calamitata da una spirale di filo metallico isolato, sono chiamate *correnti d'induzione* o *correnti indotte*. Queste correnti possono essere sviluppate anche senza introdurre la verga calamitata nell'interno della spirale di filo metallico, basta semplicemente collocare in quest'ultima (figura 147) un pezzo di ferro dolce e toccarlo con una verga calamitata; il ferro dolce che — in circostanze ordinarie — non ha alcuna virtù magnetica, diviene una calamita



Fig. 145. MICHAEL FARADAY.

temporaria non appena è lacerata dalla verga, cessa di esserlo allontanandola; tanto ad ogni contatto quanto ad ogni distacco della verga calamitata gli aghi del moltiplicatore rivelano il passaggio d'una corrente indotta nel filo metallico della spirale. Vedremo ben presto che è possibile ottenere simili correnti anche sostituendo alla verga calamitata una corrente voltaica, la quale prende allora il nome di *corrente induttrice*.

Le correnti indotte, quantunque siano di brevissima durata, pure posseggono tutte le proprietà delle correnti ordinarie; decompongono sostanze, magnetizzano, arroventano, danno scintille e scosse, e va dicendo. Anzi, in quanto alle scosse, queste correnti sono di gran lunga più gagliarde delle ordinarie. Furono ideate diverse macchine, così dette di *induzione* o *magneto-elettriche*, nelle quali si producono le une dopo le altre molte e molle correnti con rapidissima successione; e queste correnti mediante un congegno particolare vengono av-

vicino Davy, all'Istituto reale. — Faraday fu accolto con la massima attenzione e quindi le trascorse aggiungendovi alcune sue osservazioni e una notizia su lui stesso nella quale esprimeva l'ardente suo desiderio di essere ammesso a servir la scienza, poichè trovò il modo di far giungere il manoscritto nelle mani del grande scienziato. — La giustizia dei concetti che traspariva da quegli scritti e la sorte del giovinetto che Davy paragonò alla propria, commosse quest'uomo illustre. Si promise il suo appoggio e nel 1813 gli offerì un posto di assistente che appariva era vacante nel suo laboratorio. Faraday lasciò con gioia il suo vecchio mestiere e seppe ben presto ispirare tanta fiducia al suo protettore, che quando, dal 1813 al 1815, Davy imprese un viaggio sul continente, Faraday dovette accompagnarlo e gli fu poi sempre compagno nei suoi lavori.

Nel 1827, Faraday pubblicò il primo suo lavoro di gran lena: *della manipolazione chimica, introduzione agli studi pratici*, e che in oggi considerata come modello di chiarezza e semplicità. Due anni dopo fu nominato professore di chimica all'Accademia militare di Woolwich, e tenne quel posto fino al 1832. — Come esempio dell'attività di Faraday in questo ramo della scienza, basta ricordare le sue esperienze sulle leggi dell'azione dei metalli preziosi, la liquefazione di parecchi gas fino allora creduti permanenti, come il cloro e l'acido carbonico. — Nel 1831 fu poi, dov'è riuscito ad ottenere fenomeni elettrici dalla calamita, egli ispirò nelle *Trasazioni filosofiche* un gran numero di notizie intorno alle sue scoperte fisiche, che poi riunite in tre volumi comparvero fra il 1840 ed il 1855 col titolo di *Ricerche sperimentali sull'elettricità*. — Diede una splendida serie di pubbliche

lezioni nell'Istituto reale esponendo popolarmente con la massima chiarezza ed eleganza i più astrusi ed intricati argomenti scientifici.

I meriti di Faraday furono apprezzati nella sua patria ed all'estero; nel 1813 fu nominato professore di chimica all'Istituto reale, nel novembre del 1831 il ministro Melbourne gli assegnò una pensione di 300 sterline (circa 7500 franchi) dai fondi della Lettere e Scienza. L'Accademia di Berlino lo elesse membro onorario nel 1842, quella di Parigi nel 1851 e l'Università di Oxford lo nominò dottore in legge. Ma nè la croce di uffiziale della legione d'onore, nè gli ordini tedeschi ed italiani, di cui fu magnifico, nè le medaglie d'oro della Società reale, nè tutte le altre distinzioni conferitigli, poterono cingere l'animo suo elevato ed umile, che solo i meriti altrui considerava. Così a Parigi, in un banchetto offerto a lui e ad altri delegati inglesi nel 1855, in occasione dell'Esposizione universale, ricusò il posto d'onore dichiarando che ben altri si aveva diritto, a volte che lo accettasse il signor Ebelmann, ingegnere della miniera, celebre per le sue scoperte geologiche. Accusò invece con gratitudine e cortesia il dono, fattogli dalla regina, di una bellissima villa in Hampton-Court, poche miglia al di sopra di Londra, sul Tamigi. Faraday passò gli ultimi anni di sua vita parte in quella villa, parte a Londra, continuando sempre a guadagnarsi le sue anime antiche, occupandosi delle scienze ed aiutando disinteressatamente ognuno che per esse si adoperava. La sua più cara ricreazione furono le ore passate nella sua vita felicissima di famiglia, i paceri della campagna, la frequenza assidue dei teatri e la lettura dei capolavori drammatici. — Morì nella sua villa il 25 agosto 1867.

viate in due fili conduttori ravvolti ad elica, ognuno dei quali finisce ad un cilindro d'ottone. Chi impugna questi cilindri (e massimamente colle mani umide), intanto che altri mantiene la macchina in azione (girando una ruota, come diremo fra breve), prova una successione di scosse, che



Fig. 146. INDUZIONE ELETTRO-MAGNETICA PROVOCATA DALL'INTRODUZIONE D'UNA VERGA CALAMITATA IN UNA SPIRALE DI FILO METALLICO.

tanto più si rinforzano quanto più celere è la rotazione, e possono anche diventare insopportabili. Amministrate per altro con prudenza riescono qualche volta salutari e le correnti indotte sono anzi impiegate a preferenza delle altre nelle cure elettriche.

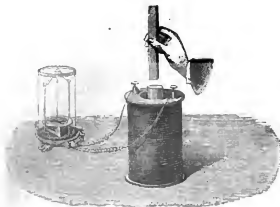


Fig. 147. INDUZIONE ELETTRO-MAGNETICA PROVOCATA ACCOSTANDO UNA VERGA CALAMITATA AL FERRO DOLCE CIRCONDATO DA SPIRALE DI FILO METALLICO.

Le varie macchine magneto-elettriche fino ad ora costrutte si fondano sulla già accennata proprietà posseduta dal ferro dolce di acquistare e conservare il magnetismo finchè rimane a contatto con una calamita naturale od artificiale; scostando il ferro dolce dalla calamita esso perde istantaneamente la sua virtù magnetica, la riac-

quista non appena vien messa nuovamente a contatto della calamita. Vedremo ora come agiscano codeste macchine. Avvolto a fitte spire un filo conduttore intorno ad un cilindro di ferro dolce, si stabilisce e si interrompe, a brevissimi intervalli, un contatto fra questo cilindro ed una calamita; ad ogni contatto e ad ogni interruzione il filo conduttore è percorso dalla corrente indotta; il fenomeno avviene egualmente tanto se il ferro dolce è immobile mentre è mobile la calamita, quanto nel caso inverso; però, nella pratica, riesce più comodo mantenere immobile la calamita e muovere il ferro dolce. Così è costruito l'apparecchio magneto-elettrico ideato dal

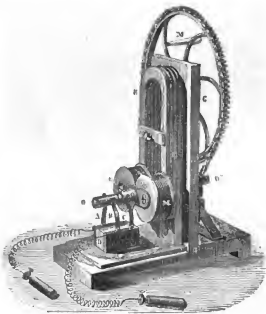


Fig. 148. MACCHINA MAGNETO-ELETTRICA DI CLARKE.

telesco Stöhrer nel 1832 e poscia perfezionato dall'inglese Clarke.

Sopra uno zoccolo di legno G (fig. 148) è collocata verticalmente una robusta calamita a ferro di cavallo EE, formata dalla riunione di parecchie calamite eguali fissate sopra una tavoletta verticale di legno, C; nello spazio interposto fra i due rami delle calamite, però senza toccarli, passa un asse orizzontale OO', formato di sostanza isolante, sostenuto a destra, in O', da un cuscinetto ordinario, mentre a sinistra è appoggiato sopra molle d'acciaio A, B, C l'ufficio delle quali verrà indicato fra breve. L'estremità O dell'asse orizzontale sostiene un'elettro-calamita LM, ossia due rocchetti (l'uno *dextrorsum*, l'altro

sinistrorsum) ricoperti di fitte spire di filo metallico e contenenti ciascuno, nel loro interno, un cilindro di ferro dolce, le cui estremità anteriori — visibili nella figura — sono rinite da una sbarra dello stesso metallo, grazie alla quale essi rimangono stabilmente fissati sull'asse OO' , perciò imprimendo a quest'asse un movimento di rotazione, ruotano necessariamente anche i due rocchetti L ed M; le loro facce posteriori — costituenti i poli dell'elettro-calamita — passano e ripassano quindi successivamente in faccia alle estremità inferiori — ossia ai poli — della calamita EE. Si imprime all'asse un continuo movimento di rotazione mediante una catena dentata senza fine, avvolta sopra un volante che può essere manovrato mediante l'impugnatura M.

La fig. 149 rappresenta partitamente l'estremità sinistra dell'asse orizzontale ed il suo appoggio, che è un parallelepipedo di legno D (fig. 148) le



FIG. 149. PARTICOLARI DELL'ESTREMITÀ DELL'ASSE DELLA MACCHINA DI CLARKE.

cui facce laterali sono foderate di lamine metalliche; da queste si ergono tre molle d'acciaio A, B, C, le sommità delle quali premono, a dolce sfregamento, l'estremità dell'asse; questo è parzialmente ricoperto da due anelli metallici l , m (fig. 149); l'anello l è d'uniforme larghezza e perciò la molla C si trova costantemente a contatto con esso in qualunque istante della rotazione dell'asse, l'anello m presenta in K una parziale soluzione di continuità, perciò le molle A e B non rimangono costantemente aderenti all'anello m , ma in ciascuna rivoluzione dell'asse esse si trovano per alcuni istanti a contatto con l'anello metallico e negli altri toccano invece la materia isolante di cui è formato l'asse; le cose sono disposte in guisa che il contatto delle molle A e B con la materia isolante dell'asse si verifica quando i due rocchetti L ed M occupano una posizione in croce con quella indicata dalla figura, vale a dire quando i due rocchetti vengono a trovarsi in faccia al vano compreso fra i due rami della calamita EE. Aggiungiamo infine che

il rocchetto L è in comunicazione metallica con l'anello l e che il rocchetto M è in consimile comunicazione con l'anello m .

Cerchiamo ora di renderci conto dell'azione di questa macchina. Quando l'apparecchio trovasi nella posizione indicata dalla fig. 148, ciascuno dei due rocchetti LM trovasi a contatto con l'estremità inferiore della calamita EE, perciò il cilindro di ferro dolce racchiuso in ciascun rocchetto riesce calamitato, e nell'istante in cui ha origine codesta calamitazione temporaria le spire metalliche di ciascun rocchetto vengono percorse da una corrente la quale — grazie alle predisposte comunicazioni metalliche — giunge negli anelli l ed m (fig. 149), quindi nelle molle A, B, C e nei fili metallici (fig. 148) che da queste si staccano. Supponiamo ora che la gran ruota o volante venga messa in movimento e che, per conseguenza, l'asse OO' ed i rocchetti L, M ad esso congiunti incomincino a ruotare, nella direzione, ad esempio degli indici d'un orologio; il rocchetto L ascende, il rocchetto M discende, giunge un istante in cui i cilindri di ferro dolce contenuti nei rocchetti non sono più a contatto della calamita EE ma vengono a trovarsi in faccia al vano interposto fra i due rami della stessa, e perciò perdono incontanente la loro calamitazione temporaria e quindi le spire dei due rocchetti vengono percorse da nuove correnti indotte, in direzione opposta alle precedenti; purché la ruota continui a girare, il rocchetto L si trova ben presto in faccia al ramo destro della calamita EE, il rocchetto M in faccia al ramo sinistro e, conseguentemente, i cilindri di ferro dolce ridivengono calamite temporarie, le spire dei rocchetti vengono nuovamente percorse da correnti indotte e così via. Siccome poi la trasmissione del movimento fra il volante e l'asse OO' è congegnata in tal guisa che, anche imprimendo al primo una mediocre velocità, il secondo ruota rapidissimamente, così il passaggio di ciascuno dei due rocchetti in faccia all'uno od all'altro dei due rami della calamita EE è frequentissimo e quindi riesce frequentissima la successione delle correnti indotte nei due rocchetti ed il passaggio delle medesime nelle appendici metalliche che vogliono essere impagnate, come abbiamo detto, da chi desidera provare le energiche e rapidissime scosse provocate dall'apparecchio. E siccome l'esperienza fece conoscere che le commozioni provate dal paziente riescono tanto più intense

quanto più frequenti sono le interruzioni nelle correnti indotte, così — ed a quest'unico effetto — si applica sull'asse dell'apparecchio l'anello *m* (fig. 149), di cui già parliamo, e perciò, grazie all'interruzione *K* in esso praticata, la successione

delle correnti indotte rimane due volte interrotta e due volte ristabilita ad ogni giro dell'asse *OO'*.

Come facilmente si comprende le correnti indotte ottenute nel modo testé indicato, hanno direzioni successivamente alternate ad ogni se-

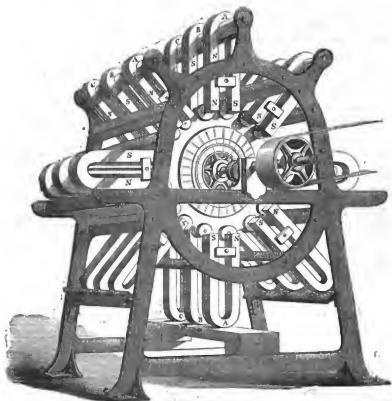


Fig. 150. MACCHINA MAGNETO-ELETTRICA PER L'ILLUMINAZIONE DEI FARI.

mirivoluzione dell'asse *OO'*; ciò non reca alcun inconveniente quando l'apparecchio serve unicamente a produrre scosse; quando invece si volesse impiegarlo ad altri scopi — per produrre,

tatore — dobbiamo ometterne la descrizione che non troverebbe posto negli angusti limiti di questo volume. — Grazie al commutatore si ottengono anche dalla macchina di Clarke correnti di dire-

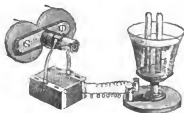


Fig. 151. DECOMPOSIZIONE DELL'ACQUA CON LA MACCHINA DI CLARKE.

ad esempio, fenomeni chimici — sarebbe necessario che tutte le correnti sviluppate dall'apparecchio avessero costantemente la medesima direzione; si raggiunge l'intento applicando all'asse *OO'* un ingegnoso congegno detto *commu-*



Fig. 152. ACCENSIONE DELL'ETERE CON LA MACCHINA DI CLARKE.

zione costante atte, ad esempio, a decomporre l'acqua (fig. 151), a produrre notevoli fenomeni calorifici (fig. 152) e luminosi. I fenomeni di queste due ultime categorie riescono più intensi quando — rimanendo ferme tutte le altre circo-

stanze — si sostituiscono ai rocchetti formati con spire molto lunghe di filo assai fino — impiegati nella produzione dei fenomeni fisiologici e chimici — altri rocchetti col filo corto e grosso.

Le macchine magneto-elettriche forniscono presentemente il mezzo più economico per ottenere la massima quantità d'elettricità con un determinato dispendio di lavoro meccanico (occorrente per metterle in movimento), perciò esse sono ormai impiegate industrialmente nella produzione di correnti sia per bisogni della galvanoplastica, sia per quelli dell'illuminazione elettrica. Alcuni fari sono già rischiarati dalla splendida luce elettrica provocata da energiche macchine magneto-elettriche, messe in movimento da macchine a vapore; mirabile trasformazione delle forze naturali! Il combustibile abbruciato nella caldaia d'una macchina a vapore mette in movimento una macchina magneto-elettrica, questo movimento sviluppa le correnti indotte e queste alla loro volta danno origine alla sfiorante luce elettrica!

La macchina generalmente impiegata a quest'uopo fu ideata nel 1850 da Nollet, professore a Bruxelles, e fu poscia perfezionata da Van Maderen. In luogo d'un solo fascio calamitato e di due soli rocchetti, queste macchine possono contenere più d'un centinaio. La Società magneto-elettrica l'*Alliance*, di Parigi, costrusse una di queste macchine con 164 rocchetti disposti sul perimetro d'un cilindro che compie 373 rivoluzioni

intorno al proprio asse ad ogni minuto primo. Ad ogni rivoluzione del cilindro ciascun rocchetto passa di fronte a 16 calamite e per tal modo si ottengono ad ogni minuto prima circa 12,000 correnti elettriche. La fig. 150 rappresenta un apparato alquanto più piccolo. In esso si contano soli 24 fasci calamitati e 32 rocchetti. I primi sono disposti circolarmente in otto gruppi rettilinei — ciascuno dei quali comprende tre calamite, come A, B, C — nel vano circolare, che rimane fra le 24 calamite, è collocato un cilindro girevole intorno al proprio asse orizzontale. I rocchetti sono disposti sulla superficie convessa di questo cilindro in guisa tale che quando il cilindro è obbligato a ruotare (mercè opportuna trasmissione che ne congiunge l'asse con gli organi d'una macchina a vapore o d'altra motrice) ciascun rocchetto deve necessariamente passare fra la prima e la seconda (come A e B) ovvero fra la seconda e la terza (come B e C) calamita di ciascun gruppo, e siccome le singole calamite sono disposte in guisa che i poli che stanno di faccia hanno sempre nome diverso (ossia in faccia al polo Nord d'una calamita ci sta il polo Sud della contigua), così i cilindri di ferro dolce contenuti nei rocchetti riescono — ad ogni singolo contatto coi fasci calamitati — magnetizzati tutti alla stessa guisa, e le spire dei singoli rocchetti vengono contemporaneamente percorse dalle correnti in una stessa direzione.

V.

Correnti induttrici e correnti indotte. — Rocchetto di Ruhmkorff. — Sue applicazioni all'elettro-terapia. — Fenomeni d'elettricità statica ottenuti in grandi proporzioni anco delle pile. — Cautele indispensabili nell'impiego dei rocchetti d'induzione. — Straordinaria energia delle scariche da essi somministrate. — Carica istantanea d'una batteria di bottiglie di Leida. — Tubi di Geissler.

Proseguendo le sue ricerche sui fenomeni d'induzione elettrica, l'illustre Faraday fu il primo ad avvertire, nel 1830, che anche le correnti ordinarie possono dare origine a correnti indotte alla stessa guisa delle calamite. Ciò si può riconoscere eseguendo l'esperienza rappresentata dalla figura 153. Un filo metallico CD comunica coi due poli d'una pila e ne chiude il circuito, perciò se la pila ha per esempio il polo positivo a sinistra ed il negativo a destra, il filo metallico sarà percorso dalla corrente nella direzione indicata dalla freccia. Parallelamente al tratto CD del suddetto filo si colloca un secondo filo metal-

lico AB, le cui estremità comunicano con un galvanometro G e tosto si avverte in quest'ultimo un'istantanea deviazione dalla sua posizione normale, il che dimostra chiaramente che il filo AB, sebbene non abbia alcuna comunicazione nè con la pila nè col di lei circuito PCD, pure fu percorso da una corrente; osservando la direzione dell'ago del galvanometro si può facilmente riconoscere che la corrente istantanea che percorse il filo GAB si mosse in direzione opposta a quella che è sviluppata dalla pila P; aprendo il circuito si manifesta nel filo GAB una nuova corrente istantanea di direzione opposta alla pre-

cedente e quindi eguale a quella che percorre il circuito. La corrente istantanea ottenuta nel filo AB, portandolo in vicinanza e parallelamente alla corrente CD, viene chiamata *indotta inversa*; la seconda corrente, provocata interrompendo il circuito PCD, si dice *indotta diretta*; in entrambi i casi la corrente CD prende il nome di *induttrice*.

Simili correnti indotte si possono ottenere anche mantenendo chiuso il circuito e variando invece la distanza fra i due fili AB, CD, ossia avvicinandoli od allontanandoli repentinamente l'uno dall'altro; nel primo caso si ottiene la corrente inversa; nel secondo, la corrente diretta; per ultimo si possono provocare simili fenomeni anche mantenendo chiuso il circuito ed immobili i due fili, facendo invece variare bruscamente l'intensità della corrente induttrice, aumentandola si ha una corrente inversa, diminuendola si ottiene una corrente diretta.

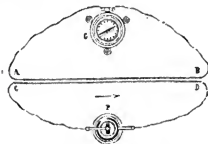


Fig. 153. INDUZIONE PROVOCATA IN UN FILO METALLICO DALLA VICINANZA D'UNA CORRENTE ELETTRICA.

Si può moltiplicare l'energia delle correnti indotte sostituendo ai due semplici fili rettilinei, or ora accennati, due rocchetti cilindrici — cavi internamente, l'uno più ampio dell'altro — formati di fitte spire di filo di rame, rivestito di seta o di vernice isolante per obbligare l'elettricità a percorrere successivamente le singole spire in tutta la loro lunghezza. Il filo costituente il rocchetto minore è alquanto grosso, i suoi due capi comunicano coi poli d'una pila, perciò questo è il rocchetto induttore; l'altro, formato di filo più sottile comunica col galvanometro, come si vede nella fig. 154. Introducendo od estraendo il rocchetto induttore dalla cavità formata dalle spire dell'altro rocchetto, si sviluppano nel rocchetto maggiore delle correnti indotte — di durata istantanea — l'intensità e direzione delle quali è prontamente accusata dal galvanometro. L'introduzione del rocchetto induttore provoca una cor-

rente *inversa*, la sua estrazione dà origine ad una corrente *diretta*. — Quanto più è lungo il filo costituente il rocchetto maggiore, tanto più energiche riescono le correnti indotte in esso provocate da una stessa pila.

Traendo partito da questi fatti, Ruhmkorff, abile costruttore di strumenti di fisica, nato in Germania, ma già da molti anni domiciliato in Parigi, costruì il celebre rocchetto (fig. 155) che porta il di lui nome e che gli valse, nel 1864, il premio di 50,000 franchi dall'Accademia delle Scienze di Parigi.

Sopra un cilindro cavo di cartone, lungo dai 30 ai 60 centimetri, collocato orizzontalmente, è avvolto a fittissime spire un lunghissimo filo di rame di circa $\frac{1}{4}$ di millimetro di diametro, la cui lunghezza raggiunge talvolta i 30 chilometri; i due estremi di questo filo — verniciato in tutta la sua lunghezza — sopportati dai due sostegni isolanti A e B, possono venir prolungati a piacimento dello sperimentatore ed a seconda dello scopo pel quale si impiega l'apparecchio. Il cilindro, ora descritto, costituisce — come il lettore ha già compreso — il rocchetto indotto; nella sua interna cavità si introduce il rocchetto induttore formato d'un cilindro di cartone, sul quale è avvolto, con poche spire, un filo di rame grosso due o tre millimetri, lungo circa sessanta metri; i due capi di questo filo comunicano, il come lo vedremo fra breve, coi poli d'una pila. In questo secondo rocchetto è introdotto un fascio di fili di ferro dolce che, al passaggio della corrente induttrice, divengono altrettante calamite temporarie e per tal motivo concorrono ad aumentare l'energia della corrente indotta. Le spire d'entrambi i rocchetti vogliono essere accuratamente isolate l'una dall'altra mediante vernice coibente. Ciò posto riesce chiaro che le spire del rocchetto minore verranno percorse da una corrente indotta ogni qualvolta si aprirà o si chiuderà il circuito che atabilisce la comunicazione fra la pila ed il rocchetto induttore; e siccome importa che le interruzioni e le successive chiusure del circuito si succedano con gran frequenza e regolarità, così si affida quest'incarico allo stesso apparecchio applicando al medesimo un *interruttore*. Esso consiste in una leva metallica L sostenuta da una lamina elastica di sostanza conduttrice; l'estremità sinistra di questa leva è provveduta, inferiormente, d'un piccolo martello di ferro dolce, che rimane a piccolis-

sima distanza da quel tal fascio di fili di ferro formanti il nucleo del rocchetto induttore; l'estremità destra della stessa leva sostiene un ago di platino con la punta rivolta al basso, questa punta sfiora la superficie superiore del mercurio contenuto in un vaso di vetro M, provveduto di fondo metallico. Il sostegno su cui è posato il vaso M comunica con uno dei poli della pila — invisibile nella nostra figura — destinata a provocare le correnti induttrici; avvertiamo infine che la lamina elastica sostenente la leva L comunica, mediante una striscia metallica, col filo r' del rocchetto induttore, l'altro capo del filo induttore comunica direttamente col secondo polo della pila. Grazie a tale disposizione il circuito rimane chiuso quando l'ago di platino sfiora il mercurio, poichè allora la corrente che esce da un polo della pila penetra nel mercurio M, quindi attraversa l'ago di platino, la leva L, e la lamina flessibile, giunge al filo induttore, lo percorre da un capo all'altro e poscia ritorna all'altro polo della pila. Ma non appena la corrente elettrica incomincia a passare nel filo induttore, il ferro dolce, racchiuso nel rocchetto, diviene magnetico e perciò attrae il martello di ferro dolce applicato all'estremità sinistra della leva L e quest'estremità si abbassa; ora l'abbassamento dell'estremità sinistra della leva ha per inevitabile conseguenza il sollevamento dell'estremità destra della stessa, e quindi la punta dell'ago, che fino allora sfiorava il mercurio, rimane sollevata ed il circuito rimane interrotto. L'inter-

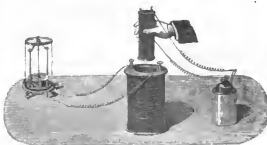


Fig. 124. CORRENTI INDOTTE PROVOCAE IN UNA SPIRALE METALLICA DALLA CONTINUA CIRCOLAZIONE D'UNA CORRENTE GENERATA DALLA PILA.

ruzione del circuito fa istantaneamente perdere al ferro dolce, racchiuso nel rocchetto induttore, la sua virtù magnetica, quindi cessa l'attrazione fino allora esercitata dai fili di ferro sul martello e questi, cedendo allo sforzo della lamina elastica, si allontanano da quel filo e si innalzano per breve tratto; e qui avviene l'opposto di quanto si è già detto, poichè l'innalzamento dell'estremità sinistra della leva L produce l'abbassamento dell'estremità destra della stessa e quindi la punta dell'ago di platino sfiora di bel nuovo il mercurio ed il circuito rimane chiuso; la corrente si propaga nel filo

induttore, magnetizza il ferro dolce e quindi fa abbassare l'estremità sinistra della leva, il che produce una nuova interruzione del circuito, questo rimane quindi alternatamente chiuso od aperto; ad ogni chiusura e ad ogni interruzione del circuito si producono, nel rocchetto indotto, le bramate correnti, alternatamente inverse e dirette. L'intervallo fra due correnti successive o, ciò che torna lo stesso, l'intervallo fra due successive chiusure od interruzioni del circuito può essere aumentato o diminuito alzando od abbassando un piccolo contrappeso applicato alla parte superiore della lamina elastica sostenente la leva L.

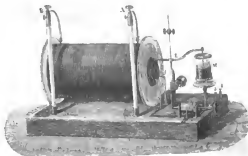


Fig. 125. ROCCETTO DI RUHMKORFF.

« La medicina (1) impiega frequentemente il rocchetto d'induzione, ridotto a piccole dimensioni, nelle cure elettriche; la fig. 126 rappresenta una scatola elettro-terapica ridotta in forma tascabile, ideata da Ruhmkorff. Essa contiene

(1) Estratto da BOILEAU, *L'Elettroterapia*, Paris 1880, pag. 300-305.

due rocchetti accoppiati; una piccola pila a solfato di mercurio, composta di due elementi genera la corrente e la invia nel filo induttore; la corrente indotta così provocata giunge in due cilindri metallici — rappresentati a sinistra — che durante l'operazione vogliono essere impugnati dal paziente. Per regolare l'energia dell'apparecchio per modo che le scosse da esso prodotte sieno dapprima debolissime e possano quindi riescere di più in più energiche, si rivestono i due rocchetti con due cilindri cavi d'ottone, questi sono mobili e possono ricoprire più o meno i due rocchetti, bastando all'uopo manovrare le viti collocate ai due lati dell'apparecchio. E siccome anche le porzioni dei suddetti due cilindri sovrapposte ai rocchetti vengono percorse da correnti indotte, così queste paralizzano l'azione della porzione di rocchetto da

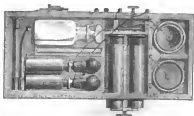


Fig. 156. SCATOLA ELETTRO-TERAPICA DI RUMHKORFF.

essi ricoperta. Perciò la scossa subita dal paziente riesce tanto più debole quanto più grande è la porzione ricoperta — in ciascuno dei due rocchetti — dal cilindro di ottone. Le scosse presentano la massima energia quando i due rocchetti sono interamente spogli, esse sono nulle all'incontro quando i rocchetti sono interamente coperti dai cilindri d'ottone. Un'asta graduata accompagna il movimento di questi ultimi e rendendo chiaramente leggibile, anche a scatola chiusa, quanta parte dei rocchetti rimane ricoperta, permette all'operatore di procedere con tutta sicurezza nell'amministrazione più o meno abbondante, della benefica corrente.

« Volendo circondare un membro o tutto il corpo del paziente in una specie di atmosfera elettrica, si fa entrare il paziente in un bagno contenente acqua leggermente salata. Si riempie d'acqua salata un piccolo bacino nel quale il paziente immerge una mano, quindi si introducono

rispettivamente (fig. 157) nel bagno e nel bacino le due estremità del filo indotto d'un rocchetto di Rumkorf; per tal modo la corrente segue uno dei capi del filo indotto, entra nell'acqua del bagno, la elettrizza, percorre tutto il corpo del paziente e seguendone il braccio passa nel piccolo bacino, attraversa l'acqua in esso contenuta ed esce per l'altra estremità del filo indotto.

« La proprietà della corrente di arroventare istantaneamente i sottili fili metallici, trova anch'essa un'importante applicazione nell'elettroterapia. Volendo abbruciare un organo od un tessuto, si colloca sovr'esso un sottile filo di platino e lo si fa percorrere da un'energica corrente; il filo si riscalda, divien rovente e la parte



Fig. 157. BAGNO ELETTRO-TERAPICO.

è già cauterizzata prima che il malato abbia avuto il tempo di gettare un sol grido. »

Il rocchetto di Rumkorf stabilisce un legame fra l'elettricità delle antiche macchine — caratterizzata dalla facilità di produrre scintille e da una forte tensione — e l'elettricità della pila, caratterizzata dalla debolissima tensione e dall'incapacità a fornire vere scintille. Il rocchetto di Rumkorf giova a trasformare l'elettricità della pila; grazie ad esso si possono ottenere, in grande scala, anche da una pila di mediocri dimensioni, i più importanti fenomeni d'elettricità statica, se ne ottengono vere folgori e perciò appunto è necessario usare quest'apparecchio circondandosi da ogni possibile precauzione; basterebbe toccarne il filo indotto — mentre l'apparecchio è in azione — per riceverne una scossa

delle più formidabili, quand' anche il filo fosse ricoperto di seta nel punto toccato.

Applicando un grosso filo di rame a ciascuno dei due capi A e B (fig. 155) del filo indotto ed accostando le estremità libere di quei due fili, si ottiene un getto quasi continuo di scintille bianche e splendissime, formanti un fascio di tre o quattro tratti di fuoco sinuosi e continuamente agitati. Si possono in questo modo ottenere scintille lunghe persino 35 centimetri. Riunendo in batteria parecchi rocchetti di Ruhmkorff si hanno effetti invero straordinari. I torrenti d' elettricità ottenuti da queste macchine, caricano in un solo minuto, anche le più ampie batterie di bottiglie di Leida; risultato che non si potrebbe conseguire neppure ricorrendo alla più colossale macchina a strofinio, la quale, in tal caso, rappresenterebbe un rigagnolo col quale si volesse riempire un ampio lago.

Volendo caricare una batteria di bottiglie di Leida mediante il rocchetto di Ruhmkorff, si stabilisce una comunicazione, mediante un filo me-

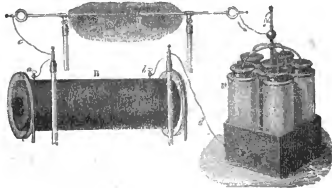


Fig. 155. BATTERIA DI LEIDA INSTANTANEA CARICATA DA UN ROCCHETTO DI RUHMKORFF.



Fig. 159. CUSO DI VETRO PERFORATO DALLA SCINTILLA DI RUHMKORFF.

tallico *a* (fig. 158), con uno dei capi *b* del filo del rocchetto indotto; l'altro capo, *a*, di quest'ultimo filo, comunica — mediante un filo *c* — con l'asta sinistra *m* d'un eccitatore (simile a quello rappresentato dalla fig. 64) collocata orizzontalmente ed in faccia all'altra asta, *n*, del medesimo; quest'asta comunica con le armature interne della batteria. Obbligando una corrente elettrica a percorrere intermittenemente il rocchetto induttore si produce fra le punte *m* ed *n* — che

vogliono essere smussate e mantenute alla distanza di circa un decimetro — una serie di potentissime scariche accompagnate da scintille le quali caricano quasi istantaneamente la batteria M.

La scintilla provocata da più rocchetti di Ruhmkorff, riuniti in una batteria d' induzione, perfora agevolmente ancor un pezzo di vetro (figura 159) grosso un decimetro. Le scariche sono accompagnate da forti detonazioni paragonabili a colpi di pistola. La scintilla scoccante da una di queste batterie infiamma i corpi combustibili, fonde i metalli e le terre più refrattarie. In breve essa produce, in propor-

zioni abbastanza rispettabili, tutti i fenomeni della folgore.

La scintilla provocata da un rocchetto d' induzione basterebbe ad accendere in un solo istante centinaia di fiammelle a gas: a tal uopo converrebbe disporre, sulla sommità di ciascun bec-



Fig. 160. CANDELA MAGICA.

cuccio (fig. 160), due punte metalliche, stabilire — mediante catenelle conduttrici — una comunicazione elettrica fra un estremo del filo indotto e la punta sinistra del primo beccuccio, e consimile comunicazione fra la punta destra del secondo beccuccio e la sinistra del terzo e

così via, la punta destra dell'ultimo beccuccio verrebbe messa in comunicazione coll'altro estremo del filo indotto; facendo funzionare il rocchetto si vedrebbe scoccare una scintilla ad ogni intervallo del circuito così predisposto ed il gas uscente dai singoli beccucci verrebbe tosto acceso nello stesso istante in ciascuno di essi, quasi per incanto.

Non meno interessanti sono i fenomeni chimici che si possono provocare con la scintilla d'induzione; mentre la macchina elettrica a disco di vetro rimane inefficace in presenza alle combinazioni gaseose, il rocchetto d'induzione può decomporre il gas ammoniacale e persino il gas acido carbonico, fino ad ora rimasto ribelle ad ogni altra azione chimica, se si esclude quella che sovr'esso esercita la luce nella vegetazione.

Facendo passare la scarica d'induzione attraverso ad un recipiente di vetro, nel quale sia stato praticato il vuoto, ovvero sieno stati introdotti determinati gas, si ottengono vaghissimi fenomeni luminosi. Per queste esperienze si fa uso d'un vaso di vetro nelle cui pareti sono praticati due fori, attraverso ai quali passano, a tenuta d'aria, due aghi di platino; le loro estremità affacciate, terminate da piccole sfere, possono essere mantenute a distanze più o meno grandi; le estremità libere dei medesimi — ossia quelle



Fig. 161. FENOMENI LUMINOSI
PRODOTTI NEL VUOTO
DALLA SCARICA D'UN ROCCETTO
DI RUHMKORFF.

che sporgono fuori dal vaso di vetro — comunicano, mediante fili metallici, l'una con un capo, l'altra con l'altro del filo del rocchetto indotto. Se il vaso è completamente vuoto si scorgeranno due apparenze luminose, l'una violetta — e questa abbraccia il contorno del vaso e l'appendice sferica dell'ago attraverso al quale giunge l'elettricità negativa — l'altra è rossa come fiamma, investe l'altro ago e forma un'atmosfera luminosa che si protrae verso l'ago negativo (fig. 161). Accostando una calamita alle pareti del vaso, l'atmosfera luminosa si inflette ed accompagna la calamita nei suoi movimenti.

Geissler, meccanico di Bonn, costrusse dei tubi di vetro, che ormai si conoscono col di lui nome,



Fig. 162. TUBI DI GEISLER.

nei quali egli opera dapprima il vuoto e poscia, prima di chiuderli ermeticamente, introduce un vapore od un gas. Le estremità del tubo sono provvedute d'aghi di platino, come si è detto poc' anzi; ponendo le estremità libere di questi aghi in comunicazione coi due capi del filo indotto ed operando nell'oscurità, si scorgono nel tubo moltissime striscie luminose separate da zone oscure. Impiegando un tubo formato di parti alternatamente gonfie e ristrette (fig. 162) ed introducendovi — dopo d'averne estratta l'aria — del gas idrogeno, si ottiene luce bianca nelle parti rigonfie, rossa nelle strozzature; impiegando gas acido carbonico si avrebbe invece un colore verdastro; col gas azoto si ottiene una luce ranciata.

IL TELEGRAFO.

I.

Telegrafi nella più remota antichità. — Telegrafo ad acqua di Enea il Tattico. — Proposte teoriche di G. B. Porta, di Casati e di Borgo. — Telegrafi ottici di Hooke e di Ammontons. — Primo telegrafo elettrico proposto dallo scozzese Marshall nel 1753, costruito dal ginevrino Lesage nel 1774, modificato dal tedesco Reiser nel 1794. — Inettitudine dell'elettricità statica per gli usi della telegrafia.

« Tra i bisogni (1) e i desiderii che spinsero l'uomo alle più belle scoperte e alle invenzioni più industrie, può certamente annoverarsi quello di comunicare altrui i propri pensieri colla maggior prontezza possibile: e basta riflettere che di qui ebbero origine l'ammirabile istituzione delle Poste e i Telegrafi. E perchè quel bisogno è reale, e quel desiderio è affatto conforme all'umana natura, non è meraviglia se gli uomini abbiano tentato in tutti i tempi di soddisfarli, coi mezzi che la scienza e l'industria di quei tempi somministravano. Quindi è che della Posta (sebbene nella forma presente sia invenzione moderna) gli eruditi trovano i germi fin nell'antichissima Monarchia dei Persiani: e dei Telegrafi sino in quel remoto periodo della storia greca al quale s'è dato il nome di *eroticò*. Erano al dire degli eruditi, fuochi accesi d'isola in isola sul mare, e di monte in monte sulla terra ferma; oppure fiaccole, o bandiere alzate sulle torri; o simili altri artifici. Da principio peraltro si limitavano a significare uno o pochi pensieri già intesi fra le persone che li adoperavano, come a dire se una battaglia fosse vinta o perduta. Ora, il vero vantaggio dei telegrafi non era ottenuto finchè non si trovava modo di comunicare qualsiasi pensiero. E questo intento non poteva conseguirsi se non imitando ciò che l'uomo aveva già fatto fin da quei tempi ai quali la Storia non risale, cioè imitando l'ingegnossissima invenzione della scrittura. E nel vero, a quel modo che poche lettere aggruppate diversamente possono esprimere ogni parola, e queste poi, aggruppandosi esse pure in varie maniere, possono esprimere ogni pensiero, così alquanti segnali che si succedano ora in uno, ora in altr'ordine, possono significare quel vocabolo che più vogliamo, e col

significare un dopo l'altro parecchi vocaboli possiamo rappresentare ogni nostro concetto. Ho detto *alquanti* segnali, e avrei potuto dir *pochi*, giacchè un piccol numero di oggetti basta a fare un *gran* numero di gruppi differenti a vedersi: per esempio, con soli *quattro* oggetti noi possiamo fare *ventiquattro* gruppi, differenti di aspetto, come ognuno potrà verificare indicando con *a, b, c, d* i quattro oggetti, e scrivendo:

abcd, abcd, acbd, acdb, ecc., ecc.

« Per conseguenza quattro bandiere diverse, o quattro fiaccole di colori diversi, col solo esser poste in uno od in altro ordine in una fila orizzontale, sarebbero già più che bastanti a significare le ventidue lettere della nostra lingua; epperò anche ogni parola, epperò ogni pensiero. Che se i quattro oggetti, oltre al potersi disporre in fila orizzontale, potranno anche disporsi gli uni al di sopra degli altri; cioè in una fila verticale, avremo 48 segnali, cioè quanto basta per indicare le nostre 22 lettere, e le straniere *h, x, y, w*, e le cifre arabe, e 12 altre cose, che potranno essere, per esempio, parole intiere di più frequente uso, come *pace, guerra, governo*, ecc. Solamente chi ideò pel primo questo linguaggio di segnali potè dir con ragione d'aver inventato un *telegrafo* (poichè questo nome, tolto dal greco, vuol dire *che scrive da lontano*). Ma quando pure l'ingegnoso concetto fosse caduto in pensiero ad un antico, la sua pratica applicazione non poteva sorgere se non dopo il trovato dei cannoncchiali. Perocchè la distanza alla quale un uomo può discernere gli oggetti con sicurezza ad occhio nudo è sì breve, che il numero degli edifici o, come ora diciamo, delle *stazioni* telegrafiche avrebbe dovuto essere enorme; e siccome ad ogni stazione si consuma ne-

(1) *ANAROSOLI, Op. cit., pag. 1042 e seg.*

cessariamente un tempo notabile, così anche il vantaggio della celerità sarebbe stato assai scarso in proporzione del dispendio. Perciò non è da stupire che tra i rozzi telegrafi degli antichissimi Greci e il vero telegrafo a segnali siano passati molti secoli; poichè era questa un'idea, destinata per necessità a rimanere infruttuosa finchè non sopraggiungesse un'altra invenzione a vincere certe difficoltà pratiche, e a renderla capace di essere utilmente applicata. »

Accenneremo soltanto, per la sua singolarità, il sistema telegrafico ideato da Enea, soprannominato il Tattico, che viveva quattro secoli prima dell'Era volgare. Narra Polibio (1), storico greco che viveva 190 anni prima dell'Era volgare, che Enea collocava ad eguali distanze l'uno dall'altro dei vasi di bronzo di forma cilindrica (fig. 163) tutti costruiti nell'identica maniera, contenenti

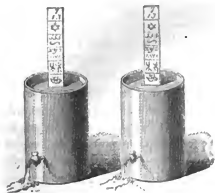


Fig. 163. TELE-IRIPO AD ACQUA DI ENEA IL TATTICO.

tutti la stessa quantità d'acqua; verso la parte inferiore di ciascun vaso era praticato un foro cui era applicata una chiave o robinetto; e siccome l'ampiezza dei singoli fori e la loro distanza dal livello superiore del liquido era l'identica in ciascun vaso, così lasciando aperti per un tempo determinato, i singoli robinetti, la stessa quantità d'acqua sgorgava contemporaneamente da ciascun vaso, ed il livello dell'acqua si trovava abbassato, in ognuno di essi, di un'identica quantità. — Ciascun vaso conteneva un largo pezzo di sughero che rimaneva galleggiante alla superficie dell'acqua; ei mantenevasi stazionario finchè il robinetto era chiuso, discendeva gradatamente quando, aprendo il robinetto, si lasciava sgorgar l'acqua. Su quel pezzo di sughero stava piantata verticalmente un'asta di

(1) Lib. X. Cap. VII.

legno, divisa in parti eguali, ognuna di queste conteneva un numero, una sillaba od un disegno convenzionale, ciascuno dei quali rappresentava una frase precedentemente concertata. Beninteso che le aste, le scritturazioni, i disegni erano tutti identici. Ciò posto comprenderemo facilmente come funzionava questo sistema telegrafico. Presso a ciascun vaso stava un incaricato provveduto di bandiera, durante il giorno, e di fiaccola accesa, per la notte; quando l'incaricato che stava presso il primo vaso, doveva trasmettere una notizia, impugnava ed agitava la bandiera o la fiaccola, e nel tempo stesso apriva il robinetto e ne lasciava uscire tanta acqua quanta ne abbisognava, affinché il livello del liquido, e con esso il galleggiante di sughero e l'asta sovrapposta fossero discesi in guisa che il segnale corrispondente alla frase da trasmettere venisse a trovarsi in faccia all'orlo superiore del vaso; allora egli agitava di bel nuovo la bandiera o la fiaccola, e nel tempo stesso chiudeva il robinetto. L'incaricato che stava presso al secondo vaso apriva il robinetto quando vedeva per la prima volta la bandiera o la fiaccola accesa agitata dal suo vicino e riproduceva quel segnale, chiudeva tosto il robinetto non appena vedeva per la seconda volta agitarsi la bandiera o la fiaccola; l'incaricato che stava presso al terzo vaso ripeteva i segnali che gli erano stati trasmessi dal secondo, e così via fino all'ultimo. Per tal modo ciascun vaso era rimasto aperto lo stesso intervallo di tempo, quindi il livello dell'acqua e con esso il galleggiante e l'asta graduata eransi abbassati d'una stessa quantità, l'identico segnale veniva a trovarsi in faccia all'orlo dei singoli vasi e quindi la notizia ad esso corrispondente veniva successivamente conosciuta dai singoli incaricati. La distanza alla quale questi dovevano collocarsi dipendeva come ben si comprende dalla distinta visione della bandiera o della fiaccola che indicava l'apertura e la chiusura dei robinetti.

Non pochi ingegni si dedicarono dopo il risorgimento della fisica allo studio dell'importante quesito della rapida trasmissione delle notizie attraverso a grandi distanze; fra questi possiamo citare più d'un italiano; il fisico Giambattista Porta, già più volte nominato in queste pagine, proponeva di riflettere convenuti segnali a grandissime distanze, giovandosi della proprietà degli specchi concavi (Vedi Vol. I, pag. 241, fig. 199);

non sembra però che quest'ingegnoso concetto teorico, formulato dall'inventore della camera oscura, abbia mai ricevuta una pratica applicazione.

Un padre Paolo Casati (1), gesuita, in un libro da lui fatto stampare anonimo col titolo di *Tromba parlante*, espone alcune idee intorno alla rapida trasmissione delle notizie; lo stesso argomento fu poscia trattato col titolo di *Cifra parlante* dal padre Carlo Borgo (2), vicentino, nella sua opera: *Anattist ed esame ragionato dell'arte della fortificazione e difesa delle piazze*.

Gli Inglesi attribuiscono il merito dell'inven-

zione che ora ci occupa ad un loro connazionale, al fisico Roberto Hooke; questi lesse invero, il 21 maggio 1684, alla Società reale di Londra, un erudito discorso nel quale erano minutamente descritte le disposizioni da lui ideate per esprimere con pochi segnali, chiaramente visibili a grandi distanze, le singole lettere dell'alfabeto od anche intere frasi precedentemente convenute; fatalmente questo discorso fu stampato solo dopo la morte dell'autore, il manoscritto era mancante, e la descrizione ne risultò molto oscura.

Traendo partito dalle idee esposte dai suoi predecessori, un fisico francese, Guglielmo Am-



Fig. 161. TELGRAFO ELETTRICO COSTRUTTO DA LÉSAUGE A GINEVRA NEL 1774

montons, propose nel 1690 di collocare, a determinate distanze, uomini provveduti di cannocchiale e di vari segnali convenzionali; ciascuno doveva osservare attentamente e quindi riprodurre fedelmente i segnali ch'ei vedeva fare dal suo vicino; così l'identico segnale veniva successivamente ripetuto da tutti gli incaricati disposti fra i due punti estremi. Ammontons riteneva di poter trasmettere, in questa guisa, una data notizia, anche fra due punti molto distanti, come ad esempio Parigi e Roma, in tre o quattro

ore soltanto. La distanza alla quale dovevano collocarsi i singoli incaricati dipendeva, come ben si comprende, dalla portata dei loro cannocchiali. Ciascun segnale serviva a rappresentare una determinata lettera dell'alfabeto, e quindi la successione dei vari segnali poteva servire a trasmettere interi periodi.

Nulla mancava al sistema proposto da Ammontons: per mala sorte il proponente — che pur era un valente scienziato — mancava dei requisiti indispensabili agli inventori che vogliono far trionfare le loro idee; ei mancava di iniziativa, fuggiva la società, si perdeva d'animo ad ogni più leggero ostacolo; non è quindi da me-

(1) PAOLO CASATI nacque in Piacenza il 22 novembre 1617, morì a Parma il 22 dicembre 1707.

(2) CARLO BORGO nacque nel 1731, morì nel 1794.

ravigliarsi se il di lui progetto non solo non entrò nel dominio della pratica, ma rimase anzi abbandonato per moltissimi anni.

Quando i fisici dello scorso secolo incominciarono a studiare i fenomeni elettrici e riconobbero la mirabile prontezza con la quale l'elettricità si propaga da un capo all'altro d'un lungo conduttore metallico isolato, nacque quasi spontanea l'idea di impiegare l'elettricità per trasmettere, con ogni desiderabile prontezza, qualsivoglia notizia a qualsiasi distanza.

La prima proposta tendente ad utilizzare l'elettricità nella rapida trasmissione del pensiero, fu pubblicata in una *Rivista scozzese*, lo *Scots Magazine*, in una lettera, datata da Renfrew, 1.^o febbraio 1753 (1), firmata con le iniziali C. M. — L'autore di questa lettera, che fu attribuita allo scienziato scozzese Carlo Marshall, rammenta anzitutto che l'elettricità si propaga rapidamente, anche a grandi distanze, lungo fili metallici isolati, e propone di trar partito da questo fenomeno congiungendo due luoghi determinati, con tanti fili metallici, completamente isolati, quante sono le lettere dell'alfabeto; ei suggerisce quindi di collocare presso alle due estremità libere di ciascun filo un pendolino elettrico (Vedi pag. 31, fig. 40), sul quale doveva essere segnata una lettera dell'alfabeto; per tal modo il primo filo doveva terminare, in ciascuna delle due stazioni estreme, presso al pendolino corrispondente alla lettera A, il secondo presso a quello corrispondente alla lettera B e così avanti. Ponendo uno dei fili in comunicazione con la macchina elettrica ed anche toccandolo con un corpo elettrizzato, i due pendolini, pendenti presso le due estremità del filo, davano segni di essere elettrizzati; ecco dunque che elettrizzando successivamente i fili corrispondenti, ad esempio alle lettere p, a, c, e, chi si trova alla stazione opposta vede successivamente oscillare i pendolini corrispondenti a queste quattro lettere, e dalle quattro oscillazioni ricava

la parola pace, quasi nello stesso istante trasmessagli dalla stazione di partenza.

Quest'ingegnosa proposta fu tradotta in pratica dal fisico ginevrino Giorgio Luigi Lesage; questi costruì a Ginevra nel 1774 l'apparecchio rappresentato dalla figura 164.

Nel 1794 un fisico tedesco, Reiser, propose di sostituire ai pendolini elettrici altrettanti quadri di vetro, simili a quello rappresentato dalla figura 48, sui quali dovevansi formare, con strisce interrotte di stagnola, le singole lettere dell'alfabeto; queste sarebbero state illuminate nella stazione di arrivo non appena il filo corrispondente a ciascuna di esse fosse stato messo in comunicazione, nella stazione di partenza, col conduttore d'una macchina elettrica mantenuta in movimento.

Si questi come altri sistemi di telegrafia elettrica, ideati nello scorso secolo, sebbene non poco ingegnosi ed interessanti per la singolarità del risultato che in vero potevasi ottenere a brevi distanze, erano tuttavia inetti ad una pratica corrispondenza telegrafica fra due luoghi alcun poco discosti. Fino al cadere dello scorso secolo si conosceva solamente l'elettricità statica, ossia quella prodotta dalla frizione e raccolta dalle macchine elettriche; ora, l'elettricità ottenuta in questa guisa, è dotata, come si è detto precedentemente (pag. 89), di grandissima tensione, e perciò ha una continua tendenza ad abbandonare i corpi sui quali si vorrebbe accumularla pur mantenendola attiva: per questa cura si potesse nell'isolare l'uno dall'altro e dal suolo i singoli fili del telegrafo di Lesage, non si riuscirebbe mai ad ottenere un isolamento efficace anche in tempo di pioggia o nelle stagioni umide. — Dopo trent'anni di inutili tentativi i fisici abbandonarono ogni idea di impiegare l'elettricità per la trasmissione delle notizie; il telegrafo elettrico, ridotto a cosa pratica e di effetto sicuro, come oggi lo possediamo, non si sarebbe mai realizzato senza la grande invenzione della pila, fatta dal nostro Volta negli ultimi giorni dello scorso secolo.

(1) Vol. XV, pag. 88.

II.

Telegrafo ottico di Chappe. — Patriottica proposta dell'inventore; accoglienza fattale dall'Assemblea nazionale di Francia. — La linea telegrafica da Parigi a Lilla, e l'annuncio della liberazione di Condé. — Entusiasmo per la telegrafia ottica. — Rapida trasmissione dei dispacci. — Imperfezioni inerenti alla telegrafia ottica. — Dispacci *interrotti dalla nebbia*! — Telegrafia acustica.

Visto che l'elettricità non corrispondeva alle speranze che sovr'essa si erano fondate, poichè i sistemi fino allora proposti riescivano assolutamente impraticabili, convenne studiare ulteriormente il quesito dal punto di vista della trasmissione di segnali ottici.

Il merito d'averlo felicemente risolto spetta al francese Claudio Chappe (1). Dopo lunghi e perseveranti tentativi, nei quali fu efficacemente coadiuvato dai suoi fratelli, ei costruì nel 1792 il primo telegrafo a segnali ed a cannocchiali, superando tutte le difficoltà pratiche, cosicchè in breve il suo sistema si diffuse rapidamente in Francia e fuori con piccole mutazioni. « Nella sua parte sostanziale (2) ecco in che consiste un telegrafo di questa specie: Dall'uno all'altro di quei due luoghi che si vogliono porre in comunicazione tra loro, si fabbrica una serie di torri o di somiglianti edifici; lasciando fra ciascuno e il susseguente quella maggior distanza alla quale la vista, armata d'un buon cannocchiale, può giungere con sicurezza. Sopra ciascuno è inalberata un'asta verticale che porta tre bracci laterali, girevoli in modo che possano essere disposti orizzontalmente, o volti verso l'alto o verso il basso. Dei quali bracci (fig. 165) uno BD, è alla cima, un altro, BA, più sotto, e il terzo, AC, ancor più basso: e son lavorati a guisa di gelosie, perchè riescano leggieri e agevoli da muovere. Oltre a ciò sono muniti di funi che vanno all'asta centrale, passano su diverse girelle che vi stanno impennate, e scendono lungo l'asta medesima nell'interno dell'edificio. Quivi è un congegno (c, a, b, d) che potrebbe dirsi una copia in piccolo del già descritto, cioè un'asta verticale con tre braccia girevoli: e le funi anzidette sono attaccate a questo congegno in maniera che qualunque posizione si dia ai bracci del congegno inferiore, esse costringono i bracci del superiore a prendere la posizione simile. Se, per esempio, uno dispone orizzontalmente i tre bracci del mecca-

nismo inferiore, si dispongono orizzontalmente anche quelli del meccanismo superiore: se colui fa in modo che il braccio più alto si volga insù e gli altri due ingiù, l'apparecchio sovrastante tien dietro fedelmente a queste mutazioni, e mostra esso pure questa nuova figura. E poichè ognuno dei tre bracci può prendere *tre* posizioni distinte (orizzontale, volto in su, volto ingiù), anzi *sette*, se può anche ruotare in maniera da trasferirsi ora a destra di chi guarda, ora a sinistra, così il numero delle figure differenti che si possono comporre è grandissimo. A queste figure si attribuiscono significati convenzionali, per esempio, una si pattuisce che significhi A, un'altra B, ecc., e così viene stabilito l'alfabeto del telegrafo. La maniera di trasmettere i dispacci è facile da immaginare: l'ufficiale della prima stazione comincia dal far sì che il congegno posto sul tetto figuri un certo segnale, il quale non fa parte del dispaccio, ma serve unicamente ad avvisare l'ufficiale della seconda stazione, che si prepari a ricevere e trasmettere un dispaccio. Questi ripete il segnale per avvisare la terza stazione, e così via via, sicchè in breve l'avviso perviene sino all'ultima. Dopo di ciò, la prima stazione comincia i segnali necessari ad esprimere il dispaccio, la seconda li va ripetendo ad uno ad uno; la terza li ricopia dalla seconda, la quarta dalla terza..., e a questo modo il dispaccio arriva all'estremità della linea telegrafica, cioè all'ultima stazione, dove viene interpretato e messo in iscritto. »

Dopo d'essersi sperimentalmente accertato della possibilità di realizzare efficacemente i suoi concetti anche su vastissima scala, Chappe fece omaggio della sua invenzione all'Assemblea nazionale il 22 marzo 1792; ei lesse allora in presenza dell'Assemblea una petizione nella quale ei metteva in rilievo l'alta importanza strategica del suo trovato che avrebbe permesso di stabilire una corrispondenza talmente rapida che il Corpo Legislativo, sedente in Parigi, avrebbe potuto inviare, grazie al sistema ch'ei proponeva, istruzioni o domande ad uno qualunque degli eserciti

(1) CLAUDIO CHAPPE nacque nel 1763 a Brèton, nel dipartimento della Sarthe, morì a Parigi il 25 gennaio 1835.

(2) ANONIMO, *Op. cit.*, pag. 1044-1045.

nazionali che allora difendevano le frontiere della Francia contro l'invasione straniera, e riceverne la risposta durante la stessa seduta (1). « Non mi nascondo, diceva Chappe, che il più grave ostacolo contro il quale devo lottare è lo spirito di prevenzione col quale sono accolti, il più delle volte, i progettisti. Non avrei certamente potuto affrontare la tema di essere assimilato a costoro, se non

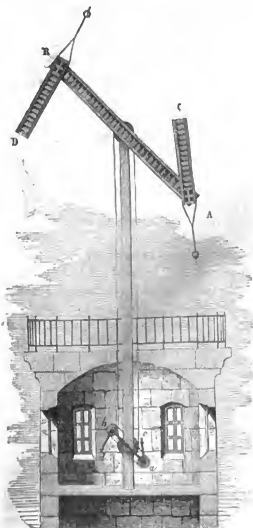


Fig. 165. TELEGAFO OTTICO I CHAPPE.

fossi stato sorretto dalla mia profonda convinzione, che, specialmente in questi gravi momenti, ogni buon cittadino francese deve offrire il tributo di quanto ei crede possa riescire utile alla patria. L'Assemblea voglia incaricare una Commissione dell'esame del mio trovato, io sarò ben

lieto di potermi prestare per tutte le esperienze che mi verranno richieste, e l'unica cosa ch'io chieggo, in caso di riuscita, si è d'essere indennizzato delle spese che avrò incontrate per queste sperienze. »

L'Assemblea accolse l'omaggio ed affidò ad una Commissione l'incarico di giudicare l'invenzione di Chappe. Il giudizio fu favorevole, le somme necessarie alle esperienze furono stanziare, e queste ebbero luogo il 13 luglio 1793, fra due stazioni estreme distanti 35 chilometri. L'esito fu completo, i commissari della Convenzione e quanti altri avevano assistito all'esperienza rimasero stupefatti vedendo in quel breve tratto di tempo si poteva spedire una notizia fra due luoghi tanto discosti; erano bastati nove minuti a trasmettere alla distanza di 35 chilometri, una frase di ventisei parole.

La Convenzione adottò formalmente il telegrafo di Chappe, diede all'inventore il brevetto di ufficiale telegrafico ed affidò al Comitato di salute pubblica l'incarico di far stabilire sul territorio francese, di concerto con Chappe, una linea di corrispondenza composta delle necessarie stazioni. In vista della speciale loro importanza, per le guerre che allora si combattevano, furono anzitutto incominciate le linee da Parigi a Lilla, e da Parigi a Landau, città bavarese che allora era in mano dei francesi e che segnava il confine orientale della Francia. La prima di queste due linee fu rapidamente costruita, grazie alla perseveranza di Chappe che seppe trionfare da ogni sorta di ostacoli derivanti dalle condizioni eccezionali in cui trovavasi allora la sua patria; gli ufficiali delle singole stazioni furono da lui addestrati nell'esecuzione dei segnali. Sul cadere d'agosto 1794 il telegrafo da Parigi a Lilla era pronto.

Grazie ad una fortunata circostanza, la Francia intera fu ben presto in grado di pienamente apprezzare l'invenzione di Chappe; l'esercito francese aveva riconquistato la città di Condé, lo stesso giorno, era il primo settembre 1794, al mezzodì un messaggio ottico partiva da Lilla e giungeva a Parigi appunto nell'istante in cui aprivasi la seduta alla Convenzione; Carnot (1) andò alla tribuna e lesse ad alta voce il mes-

(1) Chappe si riprometteva di trasmettere una frase di 30 parole a 50 miglia di distanza in meno di 33 minuti, a 100 miglia in 45 minuti.

(1) LAZZARO NICHOLA CARNOT nacque a Noyat in Borgogna il 10 maggio 1753, morì in esilio a Magdeburg il 2 agosto 1823; fu celebre matematico e generale, ebbe grandissima parte nella difesa della Francia contro le invasioni nemiche.

saggio allora allora pervenuto al Comitato di salute pubblica: « *Condé è restituita alla Repubblica; la resa ebbe luogo alle sei di questa mane.* » I più frenetici applausi accolsero questo annuncio; tutta l'Assemblea acclamò la nuova invenzione tanto brillantemente inaugurata per l'onore e la salute della patria. Subito dopo la Convenzione inviava a Lilla un dispaccio telegrafico nel quale dichiarava che l'esercito del Nord aveva ben meritato della patria.

La telegrafia ottica sorta sotto sì splendidi auspici si diffuse ben presto su tutta la Francia, l'esempio della quale non tardò ad essere imitato dalle altre nazioni.

La rapidità della trasmissione dei dispacci variava, come ben si comprende, a norma della distanza: a Parigi si avevano le notizie da Calais (88 leghe, con trentatre stazioni) in tre minuti; da Lilla (99 leghe, con ventidue stazioni) in due minuti; da Strasburgo (130 leghe, con quarantatré stazioni) in sei minuti e mezzo; da Tolone (207 leghe, con cento stazioni) in venti minuti.

Queste cifre mostrano chiaramente che dal punto di vista della rapidità nella trasmissione restava invero ben poco a desiderare, ma d'altra parte il telegrafo ottico presenta numerose e gravissime imperfezioni; la trasmissione dei segnali ha luogo attraverso all'atmosfera perciò è necessariamente soggetta a tutte le vicende atmosferiche. Le nebbie, le piogge abbondanti, il fumo paralizzano inesorabilmente l'azione del telegrafo aereo. Claudio Chappe aveva riconosciuto che, in media, i telegrafi da lui stabiliti potevano funzionare appena sei ore al giorno. Ben spesso, durante l'inverno, l'attività del telegrafo riducevasi a sole tre ore; perciò quando il numero dei dispacci che conveniva inoltrare era un po' grande, non si riusciva a spedirli tutti nella giornata, gli altri dovevano attendere la luce del domani, se

poi il domani era nebbioso il dispaccio non poteva proseguire ed il miglior partito era affidarlo alla Posta. Bene spesso una nebbia improvvisa interrompeva a mezzo un dispaccio e, come molli rammenteranno, i giornali d'allora dovevano talvolta limitarsi a pubblicare soltanto le prime frasi d'un dispaccio telegrafico che chiudevasi con la melanconica formula: « *Interrotto dalla nebbia* ».

I numerosi tentativi intrapresi allo scopo di effettuare la trasmissione dei dispacci ottici anche durante la notte rimasero costantemente infruttuosi; il rimedio d'illuminare l'asta ed i bracci con lanterne sospese alla maniera cardanica (come si è detto per le bussola nautiche — Vol. I, pag. 124, fig. 118) è semplicissimo bensì in teoria, ma nella pratica si è trovato pieno di difficoltà; una delle quali, per esempio, è di proteggere queste lanterne dalle intemperie senza farvi difesa troppo pesante. Fu naturale pertanto che la società moderna, sì operosa, sì dedita al commercio e all'industria, non stesse lungamente paga all'invenzione di Chappe, ma cercasse anzi ben presto un nuovo telegrafo che, pareggiando o vincendo (se fosse possibile) il telegrafo ottico sotto il rispetto della celerità, andasse poi scervo dagli inconvenienti suesposti. E forse a tutte queste condizioni si sarebbe soddisfatto lodevolmente con un telegrafo a suoni od acustico; il quale avrebbe potuto consistere in una serie di tubi sostenuti o sepolti da stazione a stazione come lunghissimi portavoce (1). Ma le mirabili conquiste di cui si arricchì la fisica fino dai primi anni del corrente secolo, le inaspettate proprietà rivelate dall'elettricità, indussero i scienziati a ritentare l'applicazione alla telegrafia. Questi nuovi tentativi furono coronati da splendidi risultati e così la telegrafia elettrica non solo riconquistò il terreno perduto nel secolo scorso, ma riconobbe di gran lunga superiore alla telegrafia ottica fin poi col detronizzarla completamente.

(1) Il suono percorre, nell'aria tranquilla, circa 340 metri al secondo, 1731 chilometri all'ora, esso può percorrere anche lunghissimi tubi senza perdere della sua forza. Un colpo di pistola sparato all'estremità d'un lungo tubo produce all'altra estremità fragore simile ad un cannone; le pulsazioni d'un orologio, inapprezzabili alla distanza di 16 centimetri, riescono ancora distintissime, sospendendo l'orologio ad un estremo d'un tubo metallico lungo 16 metri e tenendo l'orecchio all'altro estremo.

Servendosi dei lunghi tubi cilindrici destinati alle condotte d'acqua il telegrafo può sostenere una conversazione a bassa voce con persone poste ad un chilometro di distanza: né l'uno od l'altro non

avrebbe bisogno di porre l'orecchio al tubo, la percezione del suono giungendo chiarissima anche abbassando la voce come quando si parla segretamente all'orecchio; l'unico modo per non intendersi a quella distanza si era di non parlare affatto.

L'altra esperienza, tentata in una grande officina meccanica con lunghi tubi, più volte ripetuta a genova, confermò pienamente il risultato dell'esperienza di Seta e fece inoltre conoscere che il rumore esterno non altera per nulla la propagazione del suono nell'interno del tubo; il rumore delle macchine a vapore la piena attività, dei torii, dei pesantissimi magli, che pur facevano tremare l'intero edificio non recò tuttavia la più lieve lesione alla propagazione del suono.

III.

Facile trasmissione dell'elettricità voltaica. — Telegrafo elettro-chimico di Sömmering. — Applicazione (suggerita da Ampère) della scoperta di Oersted. — Telegrafo di Schilling con cinque galvanometri. — Telegrafo magnetico elettrico di Gauss e di Weber. — Steinheil propone il primo telegrafo scrivente e sopprime il filo di ritorno. — Telegrafo elettro-magnetico di Magrin. — Telegrafo di Wheatstone; suoi pregi e difetti.

La grande scoperta della pila, fatta nel 1800 dal nostro Volta, fece conoscere che un filo metallico anche molto lungo, messo in comunicazione coi poli delle pile, acquistava istantaneamente in tutti i suoi punti proprietà elettriche nuove. Queste proprietà persistono finchè sussiste la comunicazione con la pila, ed in pratica si è riconosciuto che non è difficile mantenere isolato il filo metallico, anche molto lungo, in cui si muove la corrente elettrica.

Il primo tentativo diretto ad utilizzare la corrente voltaica in servizio della telegrafia, risale al 1809, ed è dovuto al fisiologo tedesco Sömmering di Monaco. Questi stabiliva fra le due stazioni estreme B_1, C_1 (fig. 160), tanti fili telegrafici quante sono le lettere dell'alfabeto; a poca distanza dalla stazione di partenza e fin presso alla stazione d'arrivo, i singoli fili venivano, per comodità, riuniti in un'unica fune EE, e perciò, come ben si comprende, ciascuno di essi doveva essere rivestito di seta per impedire alla corrente elettrica di nascere da un filo e propagarsi negli altri. Giunti alla stazione d'arrivo i singoli fili attraversavano il fondo d'una cassetta piena d'acqua e terminavano quindi in punta, come si scorge più chiaramente in C_2 ed in C_3 dove i primi cinque fili sono rappresentati, rispettivamente in prospetto ed in pianta, in proporzioni maggiori. Cosicché del fondo della cassetta dovevano sorgere tante punte quanti erano i fili, tutte sommerse nell'acqua completamente; e a ciascuna s'imponesse il nome di una lettera, per esempio, A alla prima della parte sinistra, B alla seconda, C alla terza, ecc. All'altra estremità delle linee telegrafiche, ossia alla stazione di partenza, doveva esserci una pila A, i reofori della quale potessero con tutta facilità esser posti a toccare or questo or quello dei fili. A tal fine i singoli fili terminavano in altrettante verghe metalliche disposte orizzontalmente, come si scorge dalla pianta B_2 , provvedute lateralmente d'un foro nel quale poteva essere introdotto uno dei reofori della pila, come si scorge in prospetto

nella fig. B_2 , nella quale si veggono i due reofori in comunicazione col primo e col sesto filo e quindi coi fili corrispondenti alle lettere A ed F. Un'ingegnosa anneria raffigurata in D doveva richiamare l'attenzione dell'impiegato nella stazione di arrivo ogni qualvolta quello nella stazione di partenza accingevasi ad inviargli un dispaccio. Quando il telegrafo rimaneva inoperoso, una leva così conformata , girevole intorno al suo angolo inferiore, rimaneva nella posizione indicata con linee piene nella fig. C_1 ; il braccio più lungo di questa leva terminava a sinistra con una concavità — più chiaramente visibile nella fig. C_2 — la quale ricopriva le punte B, C. L'impiegato nella stazione di partenza dava il segnale di attenzione toccando coi reofori della sua pila le lettere B, C, tosto le punte corrispondenti a queste due lettere — nella stazione d'arrivo — svolgevano bollicine di gas, le quali in breve scacciavano l'acqua dalla sovrapposta concavità e, grazie alla loro tendenza a portarsi a galla, spingevano quella concavità dal sotto in su e così tutta la leva girava intorno al perno ed assumeva la posizione indicata, nella fig. C_1 , dalle linee punteggiate; una palla di piombo rimasta fino allora equilibrata sul braccio superiore della leva — conformata a guisa di canale — rotolava in un imbuto e cadendo con forza in un piatto sottostante congiunto ad una leva a gomito la faceva oscillare e poneva in movimento la anneria D.

Ciò premesso ecco in qual modo si sarebbero trasmessi i dispacci. « Supponiamo (1) per esempio che si voglia scrivere PIOVE. Basterebbe toccare con un reoforo il filo chiamato P e col l'altro quello chiamato I. Dunque comincierebbe tosto — nella stazione d'arrivo — a decomporre l'acqua e a svilupparsi l'idrogeno intorno all'ansa, l'ossigeno intorno all'altra delle due punte, e il corrispondente saprebbe così che il dispaccio comincia colle lettere P ed I. Essendo poi convenuto che nelle due lettere debba tenersi per prime

(1) Avesani, Op. cit. pag. 1049 e 1050

quella che è indicata dall'ossigeno e per seconda quella che è indicata dall'idrogeno, oppure viceversa (né vi potrebbe esser pericolo di scambiare i due gas, poichè l'idrogeno si svolge in quantità doppia — vedi pag. 91) — non potrebbe esser dubbio se il dispaccio cominci con PI o con IP, ma sarebbe certo che comincia con PI. Ripetendo la stessa manovra coi fili O e V, si esprimerebbero al corrispondente queste due lettere, e per ultimo ripetendola col filo E e con quello del punto fermo, gli si sarebbe trasmesso tutto il dispaccio PIOVE. Ognun vede quanto è sagace il trovato; ma nella pratica avrebbe non piccoli inconvenienti. Per dirne uno, a voler evitare gli abbagli, bisognerebbe, dopo ogni paio di lettere che si riceve, ripulir le due punte dalle bollicine di gas che vi rimangono aderenti; e questa operazione renderebbe incomoda e lunga la corrispondenza. Ma oltre agli inconvenienti, questo sistema aveva una difficoltà grave e non rimediabile, poichè gli effetti chimici della corrente sono tra quelli che non si possono produrre a grandi distanze se non per mezzo di pile gagliarde. Per conseguenza, al servizio delle linee telegrafiche molto lunghe sarebbero bisognate pile di forza straordinaria, dispendiose e difficili da regolare.

« Appena Oersted ebbe pubblicato che l'ago magnetico devia dalla sua direzione consueta quando una corrente elettrica gli passa vicino, gli scienziati si volsero a questa nuova parie per cercarvi un nuovo sistema di telegrafi. E la speranza di trovarlo si accrebbe quando Schweigger ebbe mostrato come l'effetto rinasceva molto maggiore se il reoforo della pila circondava con più

e più giri l'ago magnetico. Di qui appariva la possibilità di trovare un telegrafo che non richiedesse pile straordinarie e Ampère ne propose uno di sua invenzione che somigliava a quello di Sömmering, se non che i fili, invece di entrare tutti in una cassetta piena d'acqua, entravano a due a due in tanti galvanometri (fig. 127) congiungendosi quivi col filo moltiplicatore. Quando all'altra stazione uno dei fili veniva toccato col reoforo positivo della pila, e il suo vicino col negativo, tosto alla prima stazione l'ago magnetico del galvanometro, comunicante

con essi fili, rotava in un certo verso; toccando all'incontro il primo di questi due fili col reoforo negativo ed il secondo col positivo, la corrente prendeva la direzione opposta e l'ago deviava nel verso opposto: e così ogni galvanometro poteva significare due lettere. »

Primo a tentare l'applicazione del concetto di Ampère fu il barone Schilling di Pietroburgo, valente cultore delle scienze fisiche. Ei

così scrisse, nel 1833, un apparecchio composto di cinque fili di platino isolati mediante vernice coibente e contenuti in una fune di seta: questi fili congiungevano le due stazioni. Nella stazione estrema eranvi cinque galvanometri, in quella di partenza eravi una tastiera, conformata in guisa che toccando l'uno o l'altro dei tasti si obbligava la corrente a percorrere uno dei cinque fili; a seconda della direzione della corrente, il galvanometro corrispondente a quel filo, oscillava a destra od a sinistra, per tal modo i cinque galvanometri fornivano dieci indicazioni diverse, ognuna di queste corrispondeva ad uno dei primi dieci numeri naturali, i quali variamente raggruppati, in

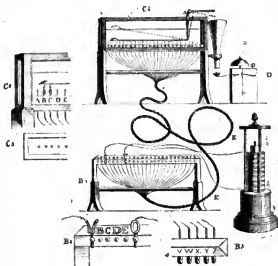


Fig. 126. TELEGAFO ELETTRO-CHEMICO COSTRUTTO DA SÖMMERING NEL 1830

base ad un dizionario prestabilito, rappresentavano i segnali telegrafici.

Schilling sperimentò felicemente il suo apparecchio sotto gli occhi dell'imperatore di Russia, ma la morte che di lì a poco tolse di vita quell'inventore non permise di continuare le esperienze su ampia scala.

Nello stesso anno, 1833, due illustri scienziati tedeschi, Gauss e Weber (1), seguendo l'esempio di Schilling, costruirono a Monaco un telegrafo fra l'osservatorio astronomico ed il gabinetto di fisica, distanti circa un chilometro; in luogo però di ricorrere alla corrente elettrica prodotta dalla pila essi stimarono più conveniente impiegare le correnti provocate dagli apparati magneto-elettrici (pag. 129).

Nel luglio 1837 questo stesso sistema di telegrafia veniva per la prima volta applicato in scala un po' grande, con l'istituzione della linea fra Monaco e Bogenhausen per cura del prof. Steinhilber (2). Spetta a quest'illustre scienziato il merito d'aver per primo rese permanenti le indicazioni fornite dall'ago del galvanometro, applicando a ciascuna delle sue due estremità un beccuccio ripieno d'inchiostro; una striscia di carta trascinata continuamente da un meccanismo d'orologeria scorreva presso all'ago del galvanometro in guisa che ogni sua oscillazione produceva un temporaneo contatto fra uno dei due beccucci e la striscia di carta sulla quale compariva quindi un punto nero; invertendo la direzione della corrente, obbligando cioè l'ago ad oscillare in verso opposto, la striscia di carta veniva toccata dall'altro becco, il quale similmente segnava sull'essa un secondo punto nero.

Combinando quei punti in diverse maniere, Steinhilber aveva composto un alfabeto convenzionale. Ma ben più che pel suo telegrafo magnetico, ormai interamente abbandonato, il nome di Steinhilber passerà alla posterità per l'importante scoperta, da lui fatta a Monaco nel 1838, della possibilità di sopprimere il filo di ritorno del circuito, congiungendo le due stazioni telegrafiche con un filo solo ed affidando alla Terra l'incarico di completare il circuito. — Fino allora si era creduto indispensabile l'impianto di doppio filo, Steinhilber all'incontro dispose un sol filo metallico fra le due stazioni, distanti circa otto chilometri; pose l'estremità libera del filo in comunicazione con una lastra metallica che fu sepolta in terreno umido, l'altro estremo del filo giungeva alla pila e costituiva quindi uno dei suoi due reofori; l'altro reoforo della pila comunicava del pari con un'altra lastra metallica similmente collocata in terreno umido. Posta la pila in attività, la corrente elettrica si stabilì immediatamente come se un secondo filo completasse il circuito fra le due lastre. Sebbene le varie spiegazioni teoriche di questo fenomeno proposte fino ad ora dai fisici non sieno pienamente soddisfacenti, pure convien riconoscere che la scoperta della trasmissione attraverso alla Terra ha grandissima importanza per la telegrafia, poichè permettendo di sopprimere il secondo filo rese molto meno dispendioso lo stabilimento delle linee telegrafiche.

Nel tempo stesso in cui Steinhilber ideava il telegrafo magnetico ora ora menzionato, un valente fisico italiano, il prof. Magrini (3) costruiva un telegrafo a tre galvanometri, che somministrava

(1) *Göttinger gelehrte Anzeigen* 1834, S. 1275 — *Heilmacher's Jahrbuch* 1837, S. 35.

(2) *Vorlesung für die öffentlichen Sitzung der Königl. Bayr. Akademie der Wissenschaften*, 25 aug. 1838 von C. A. Steinhilber.

(3) *LEVI MONTORI nacque in Udine il 4 maggio 1802, studiò in Padova le scienze fisico-matematiche; nel 1822 divenne assistente alla cattedra di fisica sperimentale in quell'Università e si dedicò con particolare ardore allo studio dei fenomeni elettrici. Nel 1836 fu destinato supplente alla cattedra di fisica e meccanica presso il Liceo di Venezia, nel giugno del seguente anno si occupò della costruzione d'un telegrafo elettro-magnetico, nel luglio successivo il Magrini sperimentava felicemente il suo telegrafo sopra un circuito lungo 1000 metri, il 18 dicembre si presentò all'Alessandro Veneto l'intero apparecchio che fu descritto dal tecnologo Nicotini nella Gazzetta di Trieste 4-13 gennaio 1838. Appuravasi il Magrini che almeno dopo aver gallicizzato l'esito delle sue prove a il meccanismo del suo apparecchio, ne avesse il paese quel vantaggio che egli aveva preveduto e reso evidente. Ma l'indifferenza dei cittadini e l'incertezza dei governanti fecero quasi a gara nel fargli opporre indugi o giungere ultimi a godere del beneficio del telegrafo gli Italiani, mentre gli*

fuori d'Italia i sistemi conformi al suo si erano diffusi per la protezione dei governi ed anche dei privati.

Senza accorgersene il Magrini, divenuto — nel 1840 — professore di fisica nel Liceo di Milano, riprese in questa città i suoi studi sulle correnti elettriche e nel 1841 lesse all'Istituto lombardo una memoria sulla proprietà dei conduttori di trasmettere contemporaneamente correnti voltaggi diseguali e costante senza alterazione sensibile; nella seduta del 3 aprile 1841 si dimostrò sperimentalmente che un filo o è percorso simultaneamente da correnti contrarie, o presenta effetti che equivalgono ad una trasmissione in opposte direzioni. La copia dei lavori dell'egregio espone nella seduta dell'Istituto lombardo è tale che non ci è concesso appesa indirci per sommi capi. A due argomenti valsero i principali suoi studi, l'elettrologia e la meteorologia. Da alcuni gusti cagionati dal fulmine ai fili telegrafici prese occasione per istaurare (1844) i mezzi di difesa suggeriti dai fisici e propose che si rimanesse i vantaggi che gli apparati di Breguet offrivano contro i danni dell'elettricità statica con quelli di Walker contro la diadema; il modello di parafulmine da lui ideato per difesa dei telegrafi, fu costruito a spese dell'Istituto e tosto dopo ne furono riconosciuti i felici risultati da una Commissione a ciò eletta, —

direttamente tutti i segni necessari grazie al simultaneo impiego di due pile, una più forte dell'altra. « Colla più forte (1) si poteva deviare ciascun galvanometro per molti gradi a Levante o a Ponente secondo che la corrente si facesse circolare nei due fili di quel galvanometro in un verso o nel verso contrario: e similmente colle pile più deboli si poteva deviare ciascun galvanometro ora a Levante, ora a Ponente, ma per pochi gradi. Laonde i tre moltiplicatori potevano fare quattro segnali per uno, cioè una piccola ed una grande deviazione verso Levante, una piccola ed una grande deviazione verso Ponente, eicchè tutti e tre insieme fornivano già dodici segni. Facendo poi deviare ad un medesimo tempo e ad un medesimo modo il primo ed il secondo galvanometro (per esempio, devolandoli entrambi molto verso Levante) si ottenevano altri quattro segnali: e quattro ancora adoperando similmente il primo ed il terzo: e per ultimo altri quattro adoperando tutti e tre i galvanometri ad un sol punto, ossia producendo in tutti tre simultaneamente uno stesso segnale. Costicchè insomma si avevano ventiquattro segnali differenti, numero più che bastante al bisogno. Per agevolare la lettura si potevano scrivere sopra il tavolino dei galvanometri la lettere dell'alfabeto: dodici così disposte che ciascun ago nel fare la sua deviazione o all'Est o all'Ovest, piccola o grande, venisse ad indicarne una colla sua punta: otto altre scritte in un'altra fila più discosta dai galvanometri; e ciascuna di questa sarebbe indicata dal rivolgersi verso la sua parte due galvanometri insieme: e quattro finalmente in una fila ancor più discosta, e ognuna di esse sarebbe indicata dal simultaneo rivolgersi dei tre galvanometri.

« Con questo sistema può dirsi che cominciassero i telegrafi pratici, voglio dire i telegrafi non solamente ingegnosi dal lato teorico, ma possibili da costruirne con pratica utilità. E nel

fatto già sono molti anni che in Inghilterra e altrove si usano i telegrafi alla Wheatstone che nella sostanza appartengono a questo sistema. »

Il telegrafo di Wheatstone, nella sua forma presente, si compone di due galvanometri i cui aghi esterni (come quello indicato con *a' b'* nella figura 132) rimangono in faccia all'ufficiale telegrafico (fig. 167), essi si mantengono verticali finchè non vi ha alcun passaggio di corrente elettrica, oscillano verso destra o verso sinistra



Fig. 167. TELEGAPO DI WHEATSTONE.

non appena l'ufficiale, che deve trasmettere il dispaccio, impugna i manubri e inclinandoli verso destra o verso sinistra obbliga la corrente elettrica — sviluppata da una pila contenuta nel zoccolo dell'apparecchio — a percorrere il circuito, nel quale sono interposti i galvanometri, nell'una o nell'altra direzione.

Le posizioni combinate che si possono dare ai due aghi servono a formare un alfabeto, così

L'induzione elettro-magnetica col rocchetto di Ruhmkorff studiata dal Magiari gli anni (1860) fenomeni dimostranti l'attitudine dei conduttori metallici a dare simultaneamente effetti di elettricità statica e di elettricità dinamica, come un conduttore che scarica una batteria di Leyda, trasmette contemporaneamente e senza variazione la corrente di una pila. — Nel 1863, chiamato al Museo Fiorentino ad insegnare la fisica, vi cominciai l'ultima serie dei miei lavori, esaminò e discusse le due lettere le proprietà che certi suoni hanno di spegnere le fiamme di petrolio; notò l'influenza della luce ed il ministero di correnti elettriche nell'innalzamento delle masse polverose; istituì interessanti esperienze sul dimagnetismo.

Nel 1867, essendo già assai anziano, imaginò uno strumento musicale elettro-magnetico costruito con rocchetti, uno dei quali

avviluppa un cilindro di ferro ed è avviluppato da un altro simile cilindro. Fu questa l'associazione dell'elettricità coi suoni musicali l'ultimo de' suoi lavori, come la musica e lo studio dell'elettricità erano state le predilette occupazioni de' suoi primi anni, e non potè nemmeno avere il conforto di udire premiato colla menzione onorevole alla Esposizione mondiale per questi anni ultimi apparecchi. Una lunga e crudele malattia di cuore lo tolse di vita, a Firenze, il 19 aprile 1868.

(Estratto dalla COMMEMORAZIONE DI LUIGI MAGIARI fatta dal DOTT. CAMILLO BATTINI e del R. Istituto Lombardo nell'adunanza del 21 gennaio 1869 — Vedi i *Memorie* del R. Istituto Lombardo, serie II, vol. IV.)

(1) *Avanzata*, Op. cit. pag. 1671.

ad esempio le prime sei lettere sono indicate come segue:

- A, da un'oscillazione verso sinistra dell'ago di sinistra.
 B, » due » » » » »
 C, » tre » » » » »
 D, » quattro » » » » »
 E, da un'oscillazione dell'ago di sinistra e due di quello di destra.
 F, da un'oscillazione dell'ago di sinistra e tre dell'ago di destra.

Sebbene a primo aspetto questo sistema sembri complicatissimo pure la trasmissione dei dispaacci alla stazione di partenza e la loro interpretazione in quella d'arrivo si effettua con la massima rapidità. Le singole oscillazioni degli aghi si succedono, sotto le abili dita del telegrafista, con tanta prontezza che l'occhio d'un profano può appena contarle. Sulle pareti degli uffici telegrafici inglesi, nei quali è esclusivamente impiegato questo sistema, sta scritto a caratteri cubitali: « *Non importunate gli impiegati quando sono occupati* » ma quest'avviso è completamente superfluo, poiché quei telegrafisti, che in generale sono giovanetti sotto i vent'anni, chiaccherano, ridono, si occupano di ciò che accade intorno ad

essi senza mai smettere la trasmissione o la decifrazione dei dispaacci. Quest'ultima richiede due impiegati, l'uno legge le singole parole mano mano che si manifestano con le oscillazioni degli aghi e le detta all'altro che le trascrive, questa dettatura si fa tanto celeremente che la penna può a stento tenerle dietro. Quando una parola non è ben chiara, l'impiegato ne avverte, con un segno particolare, il suo corrispondente, allora questi ricomincia la trasmissione.

Tuttavia conviene riconoscere che il telegrafo Wheatstone presenta un gravissimo inconveniente, l'esattezza del messaggio dipende unicamente dal grado d'attenzione, d'intelligenza e di memoria dell'impiegato; non vi è la possibilità di indagare se questi adempie scrupolosamente al proprio dovere perciò non sono pochi i dispaacci che giornalmente giungono incompleti od inesatti nelle mani dei destinatari. È questo il motivo per cui nessun'altra nazione europea ha voluto adottare il sistema Wheatstone ed è verosimile che gli stessi inglesi si persuaderanno o tosto o tardi a sostituirlo con altro dei sistemi che ora passeremo a descrivere.

IV.

Calamitazione temporaria del ferro dolce a sue applicazioni alla telegrafia. — Morse inventa il telegrafo elettromagnetico — Le compagnie per l'esercizio della telegrafia elettrica negli Stati Uniti d'America.

I sistemi telegrafici più generalmente adoperati al presente si fondano tutti sopra un singolare fenomeno elettrico da noi già ampiamente descritto (pag. 126), la *calamitazione temporaria del ferro dolce*. Questo fenomeno risponde pienamente alle esigenze della telegrafia; ed infatti la scoperta delle calamite temporarie permette di sviluppare anche a grandissima distanza una forza attrattiva, di spegnerla, di risvegliarla a quante riprese si vogliano anche a brevissimi intervalli di tempo e non già una forza attrattiva debolissima, come quella che un conduttore isolato ed elettrizzato esercita sopra una pallina di sambuco, o altri corpi leggeri; « sibiene (1) una forza notevole, e da potersi anche rendere vigorosa senza bisogno di pile straordinarie, sol che si dessero all'elettro-calamita convenienti dimensioni, e che le sue spirali contassero un gran numero di giri. Or chi non vede che questo fatto fondamentale può volgersi in molte maniere di-

(1) ANDERSON, Op. cit. pag. 1092.

verso allo scopo della telegrafia? chi non imagina un congegno per mezzo del quale un elettromagnete, attirando e lasciando in libertà la propria ancora, faccia sonare una campana, o batta un martello sopra un ancadino, o cagioni altri simili effetti? E per ultimo, chi non intende che coi tocchi d'una campana, o colle battute d'un martello, o con ogni altra sorta di effetti sensibili, può agevolmente rompersi un alfabeto come coi moti d'un pendolino, o cogli avvolgimenti di gas, o colle deviazioni degli aghi magnetici? »

Primo a tentare quest'importante applicazione dell'elettro-magnetismo fu l'americano Samuele Morse, nato a Charlestown nel Massachusetts il 27 aprile 1791. Fatti i primi studi in patria fu, nel 1811, inviato dalla sua famiglia in Inghilterra per apprendervi la pittura e la scultura per le quali aveva speciale vocazione; nel 1815 ritornò negli Stati Uniti e si fece pittore. Nel 1829 fece ritorno in Europa e vi rimase tre anni soggiornando successivamente nelle più cospicue città

d'Inghilterra, Francia e Italia studiando nelle più ricche pinacoteche i lavori dei grandi maestri della pittura. Nel 1832 fu nominato professore di *letteratura relativa alle arti del disegno* nell'Università di Nuova York, e lasciò quindi l'Europa per assumere l'incarico affidatogli. In una conversazione avuta coi passeggeri del *Sully* durante questo viaggio attraverso l'Atlantico, taluno venne a parlare delle sperienze elettriche di Franklin e dell'attitudine dell'elettricità a percorrere grandi distanze in brevissimo tempo. Morse, che possedeva qualche cognizione di fisica, pensò tosto all'applicazione che si poteva ricavarne per la trasmissione istantanea dei segnali; si maturò questo concetto e ne parlò ai suoi compagni di viaggio, questi gli mossero non poche obiezioni ma egli seppe combatterle tutte. Giunto al termine del viaggio, si accostò al capitano William Pell e prendendolo per mano gli disse: « Capitano, quando tutto il mondo ammirerà il mio telegrafo, rammentatevi che lo io inventai qui a bordo del *Sully* il 13 ottobre 1832. »

Poche settimane dopo il suo ritorno in America, Morse costruì il primo modello dell'apparecchio telegrafico da lui ideato, però soltanto nel 1835 ei lo sottopose in pubblico ad esperienze decisive; introdusse in esso successivamente parecchi miglioramenti e nel 1837 lo sperimentò in presenza al Collegio dei professori dell'Università di Nuova York. — Il buon esito di queste esperienze lo indusse, al principio del 1838, a recarsi a Washington per sollecitare il Congresso a stanziare i fondi necessari per stabilire, in via di prova, una linea telegrafica da Washington a Baltimora. Sebbene una Commissione, già anteriormente nominata dal Congresso, avesse formulato un rapporto favorevolissimo all'invenzione di Morse, pure la maggioranza di quel corpo deliberante non volle accogliere la di lui proposta. Il perseverante americano fece allora nuovamente ritorno in Europa nella iusoga di trovarvi terreno più propizio alla sua invenzione. Si rivolse dapprima all'Inghilterra, ma gli inglesi non vollero riconoscere alcun merito nella sua invenzione poichè, dicevano che il problema della telegrafia elettrica era già stato felicemente risolto da Wheatstone e quindi negavano al povero Morse persino il brevetto di privativa ch'ei reclamava. Egli venne allora sul continente e raccontò in Francia ottenne bensì il brevetto ma non trovò alcun appoggio; perciò, mancandogli

i mezzi necessari per mettere in pratica il suo progetto, dovette, a malincuore, far ritorno la patria per ricominciare le pratiche precedentemente iniziate presso il Congresso degli Stati Uniti. Finalmente, con una deliberazione del 3 marzo 1843, che di lì a poco fu approvata anche dal Senato, il Congresso accordava a Morse 30,000 dollari (circa 150,000 franchi) per l'esecuzione di sperienze telegrafiche su ampia scala. Il 27 maggio 1844 inauguravasi con splendido esito la prima linea telegrafica degli Stati Uniti, congiungente Washington e Baltimora (distanti circa 64 chilometri). I manifesti vantaggi di quest'invenzione furono tosto apprezzati dagli americani; di lì a poco sorsero parecchie associazioni di privati col l'intento di estendersi a tutti gli Stati Uniti gli immensi benefici di questo nuovo mezzo di comunicazione. In breve la linea da Washington a Baltimora fu prolungata fino a Filadelfia ed a Nuova York; nel 1845 progredì fino a Boston, fu questa la grande linea telegrafica settentrionale sulla quale si stabilirono successivamente non poche diramazioni. Ad essa tennero dietro le importanti linee da Washington a Mobile e Nuova Orleans; da Nuova Orleans a Louisville.

« A partire dal 1845 (1) la telegrafia elettrica fu posta, negli Stati dell'Unione americana, a disposizione del pubblico. Il governo abbandonò il servizio telegrafico alla concorrenza privata, riservandosi l'uso d'uno o due fili su ciascuna linea già stabilita. Il pungolo della concorrenza fece moltiplicare straordinariamente il numero delle linee telegrafiche e contribuì non poco al graduale perfezionamento degli apparecchi. Alcune città sono congiunte da due o tre linee telegrafiche rivali con grande vantaggio del commercio, dell'industria, delle relazioni private dei cittadini.

« La trasmissione elettrica dei dispiacci è dunque, negli Stati Uniti, un'industria particolare esercitata da numerose compagnie, che non hanno alcuna dipendenza né dal governo centrale né da quello dei singoli Stati e che, in molte parti dell'Unione americana, possono costituirsi senza chiederne la sanzione all'autorità pubblica; basta che si assoggettino alle leggi ed alle prescrizioni relative allo stabilimento dei fili telegrafici nelle città, sulle strade, sulle ferrovie, sui pubblici monumenti e nelle proprietà particolari. La costituzione politica e sociale del paese accorda in ciò piena libertà. »

(1) Vedi *Pratica*, Op. cit. Tom. II, pag. 115

V.

Costruzione delle linee telegrafiche. — Linee concentriche e linee radiali, sospese e sotterranee. — Per qual motivo si preferisce stabilire le linee telegrafiche lungo le ferrovie. — Preferenza accordata ai fili di ferro sebbene meno conduttivi di quelli di rame. — Legname impiegato per i pali. — Forme diverse di isolatori. — I tenditori. — Importanza delle linee sotterranee.

Cerchiamo ora di renderci conto in qual modo sono costruite le moderne linee telegrafiche e come funzionino i principali sistemi di telegrafia elettrica.

Le linee telegrafiche terrestri si distinguono per la loro costruzione in *linee sospese*, nelle quali il filo metallico è sospeso nell'aria per mezzo di alcuni isolatori posti a certe distanze fra loro e fissati a pali di legno, e in *linee sotterranee*, formate con un filo metallico involupato per tutta la sua lunghezza da una grossa camicia di materia isolante — come ad esempio la gutta-perca — e sepolto nel terreno a qualche profondità.

« *Linee telegrafiche sospese* (1). — Gettando l'occhio sopra una carta telegrafica d'Europa, ossia sopra una carta geografica nella quale furono tracciate le linee telegrafiche esistenti, si scorgono qua e là dei centri da cui partono come altrettanti raggi, le varie linee telegrafiche d'ogni Stato.

« Come facilmente s'intende, questi centri corrispondono alle capitali degli Stati, dalle quali partono le linee telegrafiche, traversando le città principali, per raggiungerne i confini. Una volta costruite queste linee a raggi fu riconosciuto utile di collegarle assieme con diverse linee traverse che si potrebbero dire circolari o concentriche. Queste comunicazioni traverse permettono, nei casi in cui una linea che chiameremo *radiale* sia interrotta, di comunicare fra la stazione posta al di là dell'interruzione e il centro per mezzo della linea radiale prossima.

« Le comunicazioni traverse servono egualmente nei casi, pur troppo frequenti, d'interruzione, per le comunicazioni delle linee interne dello Stato colle linee estere.

« L'invenzione dei telegrafi elettrici, benché tecnicamente affatto estranea all'invenzione della locomotiva e delle strade ferrate, è però venuta dopo questa, ed è pur vero che la telegrafia elettrica ha reso qualche servizio alle strade ferrate e che queste ultime hanno molto facilitata la costruzione delle linee telegrafiche.

Infatti le strade ferrate essendo generalmente rettilinee e ciò che più importa costantemente sorvegliate e di accesso difficile agli estranei, è naturale che le linee telegrafiche poste sopra di esse siano di più facile costruzione e di più sicura conservazione. Quando si può si preferisce dunque stabilire la linea telegrafica lungo una strada ferrata anziché lungo una strada rotabile ordinaria. Solamente nei sotterranei molto lunghi riesce utile ab-



Fig. 108. SAMUEL MORSE.

bandonare la strada ferrata per portare la linea telegrafica al di fuori. Nei sotterranei difficilmente si sorveglia una linea telegrafica, e non si può con una semplice ispezione avere la certezza che la linea è in buon stato: oltre di ciò le pareti dei sotterranei sono frequentemente soggette a filtrazioni d'acque e quindi hagnate, per cui la linea telegrafica difficilmente si conserva isolata.

« Quando non esiste strada ferrata, si sceglie naturalmente per stabilire la linea telegrafica la strada rotabile più retta e più ampia che vi sia. Le linee telegrafiche costruite in queste strade devono essere più solide delle linee telegrafiche

(1) Estratto da MATEUCCI, *Manuale di telegrafia elettrica*, Torino 1864, pag. 131 e seg.

poste sulle strade ferrate, perchè più difficilmente si sorvegliano e perchè sono più esposte ad essere danneggiate o involontariamente o per negligenza o per malanimo, dai passeggeri, dai carri e dalle vetture. Questa migliore solidità è ottenuta adoperando pali più grossi e più alti, più stabilmente piantati nel suolo e messi l'uno dall'altro ad una distanza minore di quella che si suol usare sulle linee telegrafiche poste sulle strade ferrate. Allorchè la linea traversa luoghi montuosi, invece di seguire tutte le tortuosità che vuol fare la strada, è conveniente impiegare pali più alti e più grossi del solito, a grandi distanze, in modo da riunire con un sol tratto di filo i fianchi delle vallate.

« Le linee telegrafiche costruite lungo una strada ferrata devono essere parallele all'asse della strada, alla maggior possibile distanza dalle rotaie. Dove la strada ferrata è a livello del terreno circostante è indifferente la scelta della posizione dei pali; dove la strada scorre sopra un terrapieno, non potendo la linea telegrafica essere stabilita sul piano del terrapieno stesso, perchè lì più delle volte verrebbe troppo prossima alle rotaie della strada ferrata, si piantano i pali sulla scarpa del terrapieno, e spesso conviene, per dare maggior solidità alla linea, scendere tutto il terrapieno fino a trovare il terreno solo circostante.

« Nei tratti in cui la strada segue una curva è necessario distribuire i pali ad una distanza minore fra l'uno e l'altro che nei tratti rettilinei, e questo perchè la linea non venga a cadere troppo in prossimità della strada ferrata, e perchè i pali non siano soggetti ad uno sforzo orizzontale troppo grande. In questi tratti curvilinei il filo metallico è fissato esternamente alla strada affinché non possa cadere sopra di essa qualora gli isolatori si distaccassero dai pali o il filo si rompesse. Naturalmente queste precau-

zioni sono ancor più importanti per le linee costruite sulle strade ordinarie per le quali importa prestare molta attenzione nello stabilirne l'andamento (1).

« Nelle strade montuose bisogna anche tener conto della qualità del terreno in cui si devono fare le buche e delle posizioni più o meno esposte ai venti e quindi alla accumulazione delle nevi.

« In generale è sempre buonissima regola quella di tracciare la linea telegrafica in modo che possa essere, in tutte le stagioni, facilmente sorvegliata e riparata.

« Il filo metallico delle linee telegrafiche può essere di rame o di ferro, e siccome la conducibilità del rame è cinque o sei volte maggiore di quella del ferro, si potrebbe costruire una linea telegrafica con un filo di rame di 2 millim. di diametro, e anche meno. Tuttavia diverse ragioni indussero ad abbandonare i fili di rame: le rapide variazioni di temperatura alle quali andrebbero soggetti ne altererebbero l'elasticità; la scarsa tenacità del rame lo rende inetto a resistere a trazioni anche non molto grandi, e perciò andrebbe soggetto a frequenti rotture in seguito alle repentine variazioni di temperatura; milita per ultimo contro il filo di rame la facilità con la quale può essere tagliato e rotto da chiuuque ha in animo di interrompere le corrispondenze telegrafiche. Per queste varie ragioni il filo di rame si usa solo per alcuni brevi tratti di linea telegrafica e specialmente nei casi in cui la linea dev'essere provvisoriamente e prontamente costrutta, e ciò per la facilità del trasporto e della tiratura del filo di rame.

« Generalmente, per le linee telegrafiche sospese, si impiega un filo di ferro del diametro di 3 a 4 millimetri. Un chilometro di filo di ferro di 3 millimetri pesa circa 60 chilogr., la massima trazione longitudinale alla quale esso può resistere è di 370 chilogr. Il filo di 4 millimetri di

(1) L'altezza dei singoli pali e la distanza alla quale devono collocarli l'uno dall'altro, varia col numero del fili che essi devono sostenere; generalmente nei tratti rettilinei si impiegano per

linee di 1 filo, pali alti metri 6, distanti l'uno dall'altro metri 100	
» di 2 fili, » » 6, » » » 71	
» di 3 » » » 6, » » » 125	
» di 4 » » » 6, » » » 100	
» di 5 » » » 6, » » » 71	

Nei tratti curvilinei la distanza fra due pali successivi dev'essere tanto più breve quanto minore è il raggio della curva, così, mentre nelle curve del raggio di 2000 metri i pali della linea si devono collocare a distanza di 70 metri, nelle curve del raggio

di 1000 metri la distanza fra due pali non dev'essere maggiore di 15 metri; essa discende a 10 metri per curve del raggio di 500 metri.

Nelle linee telegrafiche a più fili conviene impiegare pali sufficientemente alti affinché i fili si trovino sempre distanti l'uno dall'altro non meno di 0^m 30, e ciò per impedire alle singole correnti elettriche di agire per induzione l'una sull'altra.

I pali di castagno di 8 ad 8 metri d'altezza devono avere il diametro medio di 12 centimetri, per quelli di maggiore altezza il diametro medio deve misurare 14 centimetri. Ai pali di larice rosso si assegnano diametri di due centimetri maggiori dei precedenti. Si gli usi come gli altri vogliono essere piantati nel suolo per la profondità variabile da 0^m 30 ad 1^m 30, a seconda della maggiore o minore sodezza del terreno.

diametro pesa 98 chilogr. per la lunghezza di un chilometro, la trazione estrema cui esso può resistere è di 480 chilogrammi (1).

« Il filo di ferro attualmente impiegato nelle linee telegrafiche è coperto da uno strato di zinco e si dice *galvanizzato*. Questo sottilissimo strato di zinco che presto — pel contatto coll'aria atmosferica — si ricopre d'uno strato di carbonato di zinco, supplisce vantaggiosamente alla vernice che prima si usava e che prontamente, soprattutto nei punti di contatto coll'isolatore, era distrutta dall'attrito.

« È utile che i singoli tratti di filo di ferro sieno lunghi quanto più è possibile, onde dover fare il minor numero possibile di giunture. Attualmente si possono avere facilmente matasse di filo lungo persino un chilometro.

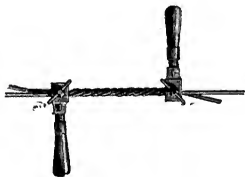


Fig. 169. GIUNTURE DEI FILI TELEGRAFICI.

« Il sistema più generalmente seguito per stabilire l'unione fra i due capi del filo, consiste nell'applicarne le due estremità l'una contro l'altra per un tratto di 15 a 20 centimetri e nel torcerle a mano, o meglio con due morsetti (fig. 169) fissati alle estremità dei due tratti di filo. Per maggior sicurezza si può, dopo fatta questa giuntura, aggiungere un filo di rame di 2 millimetri di diametro, saldandolo ai fili di qua e di là della giuntura, e avvolgendolo intorno ad essa.

(1) La tensione massima alla quale possono essere sottoposti i singoli fili, non dove, nella pratica, superare il quinto della tensione massima sotto la quale avviene la rottura; generalmente, nella costruzione delle linee telegrafiche, la tensione del filo di ferro di 4 millimetri non supera 93 chilogrammi, il filo di 3 millimetri non subisce tensione superiore ai 60 chilogrammi.

È essenziale che la tensione alla quale un filo è assoggettato alle temperature ordinarie non sia espressa dal limite massimo a cui può essere assoggettato, imperocché quando la temperatura si abbassa, il filo si accorcia, la freccia diminuisce e quindi la tensione aumenta; ciò che vorrebbe dire che in questo caso oltrepasserebbe i limiti voluti.

« Gli *isolatori* su cui posa direttamente il filo metallico (fig. 170, 171, 172) sono fissati ad una certa altezza dal suolo sopra pali o colonne che possono essere formate di diverse materie. Per economia di primo impianto e per facilità di costruzione i pali delle linee telegrafiche sono generalmente fusti di legno di una certa altezza e grossezza solidamente piantati nel terreno. Si impiegano tronchi d'abete, di larice rosso o di castagno selvatico; ricorrendo ai primi è mestieri assoggettarli all'iniezione col sistema Boucherie (1).

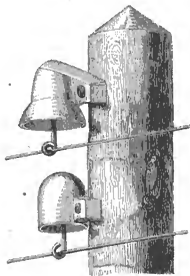


Fig. 170. ISOLATORI ORDINARI.

che vale ad impedire o per lo meno a ritardare l'infracidamento del legname a fibre poco compatte; per preservare i pali di castagno selvatico, basta abbrustolirli superficialmente per un tratto di un metro e mezzo dalla parte del calcio.

« Gli isolatori che sostengono il filo telegrafico sono di vetro, o più frequentemente di porcellana; essi ricevono forme diverse a seconda dell'ufficio particolare che devono adempiere:

(1) Il processo Boucherie è fondato sopra la proprietà che hanno certi sali metallici di coagulare l'albumina vegetabile e tutte le materie azotate che entrano nei sughi dell'alburno — nome che si dà alla porzione più esterna del tronco — u di privarlo così della proprietà di determinare e prender parte alla fermentazione o putrefazione. L'esperienza dimostra che bastano piccolissime quantità di cloruro di zinco o di sublimato corrosivo o di un sale di ferro, sciolti nell'acqua, perchè le foglie verdi, i frutti ed altre parti qualunque d'un vegetabile, immerse in quei liquidi, si conservino anche per alcuni anni senza alterarsi. — Il liquido suggerito da Boucherie per la preparazione dei legni è una soluzione di solfato di rame, formata in peso da una parte di solfato di rame o di novantanove parti d'acqua.

alcuni (fig. 170) servono semplicemente a sostenere il filo telegrafico, altri servono a tendere di distanza in distanza il filo (fig. 173). Tanto negli uni, quanto negli altri, l'isolamento è ottenuto per la forma di campana rovesciata che essi hanno, grazie alla quale vi ha sempre — fra il palo ed il filo — uno strato di porcellana — che per sua natura è isolante.

« La forma più semplice dell'isolatore di porcellana è quella di un bicchiere rovesciato, di pareti molto grosse, e di cui il fondo ha la forma di una calotta sferica (fig. 170); il cappello ha un'appendice laterale, forata, per mezzo della quale esso vien fissato al palo con viti di ferro galvanizzato. Nella grossezza della calotta è praticata una cavità rettangolare che s'apre nel suo interno e che è destinata a ricevere la sommità dell'uncino di ferro che sostiene il filo telegrafico. L'isolatore ad anello (fig. 171) è impiegato nella costruzione dei tratti di linea telegrafica in curva — o, più rigorosamente, polygonali. — L'isolatore a fungo (fig. 172) è adoperato ove la linea telegrafica si arresta.

« Per mantenere il filo costantemente teso, ad onta degli allungamenti che in esso si producono all'aumentare della temperatura, si colloca su ogni quarto o quinto palo, un *cappellotto di tensione* (fig. 173), alquanto più grande e molto più grosso di quelli semplicemente destinati alla sospensione. Questo cappellotto è fissato sul palo, mercè due grosse viti; nella sua cavità è incastrato un bastoncino di ferro che sostiene una

verga orizzontale, dello stesso metallo: ognuna delle estremità di questa verga è provveduta di un rocchetto munito di ruota dentata e di nottolino, questi permette alla ruota di girare in un senso e le impedisce di girare nel senso opposto. Il filo della linea si avvolge da una parte e dall'altra sui due rocchetti; impiegando una chiave a foro quadro, mercè la quale si fa girare l'asse di ciascun rocchetto, il filo si avvolge intorno ad esso e può quindi essere teso. Quando invece il filo fosse troppo teso e si volesse allentarlo in previsione d'un accorciamento derivante da abbassamento di temperatura, converrebbe mantenere alzato il nottolino mentre si farebbe girare il rocchetto — mediante l'apposita chiave a foro quadro — in senso contrario. — Con questa disposizione i due fili della linea fissati lateralmente alla verga orizzontale, comunicano l'uno con l'altro per mezzo della verga che è di ferro galvanizzato. »

L'apparecchio rappresentato dalla fig. 174 serve anch'esso, come facilmente si comprende, a tendere i fili telegrafici: il filo viene introdotto in una morsetta a vite provveduta d'un braccio laterale, nel quale penetra un uncino applicato ad un sistema di pulegge, grazie al quale si può, con debole dispendio di forza, esercitare sul filo un'energica tensione. Tuttavia, per quanto grande fosse questa tensione e quand'anche i due capi del filo fossero fissati a due punti posti ad eguale altezza, il filo non potrebbe mai — in virtù del proprio peso — disporsi in linea retta (1). La

(1) « In tal caso il filo si dispone lungo una curva che si chiama catenaria; il punto più basso di questa curva è posto alla sua metà, e la distanza fra questo punto e la linea orizzontale che passa per i punti a cui il filo è fissato chiamasi *freccia*. Se innalziamo di tendere più o meno questo filo e di fissarlo dopo averlo più o meno teso, un verrà che la freccia sarà tanto più piccola, quanto più il filo è teso. In meccanica si dimostra che la freccia è in ragione inversa della tensione, allorché è molto piccola le confronti alla distanza

dei punti d'appoggio. Si dimostra pure che per una data tensione la freccia è prossimamente proporzionale al quadrato delle distanze dei punti d'appoggio: così se la freccia è un metro per una distanza di 50 metri, sarà di quattro metri per una distanza di 100 metri, di nove metri per una distanza di 150 metri e così di seguito. I seguenti quadri indicano in metri le frecce corrispondenti a diverse distanze fra i punti di sospensione, e per le diverse tensioni di due fili dei diametri di 3 e 4 millimetri. »

FILO DI TRE MILLIMETRI DI DIAMETRO

Peso di un metro di filo, grammi 60.

DISTANZA DEI PUNTI D'APPoggio IN METRI	TENSIONE DEL FILO ESPRESSA IN CHILOGRAMMI									
	30	40	50	60	70	80	100	150	200	
50	0.21	0.45	0.57	0.70	0.78	0.83	0.88	0.92	0.96	
75	1.42	1.05	0.84	0.70	0.59	0.52	0.45	0.37	0.31	
100	2.58	1.87	1.50	1.24	1.08	0.93	0.75	0.59	0.47	
150	10.00	7.50	6.00	5.00	4.29	3.70	3.00	2.20	1.50	
200	22.50	16.66	13.33	11.11	9.52	8.33	6.66	5.00	3.57	
250	40.00	30.00	24.00	19.04	16.33	14.29	11.43	8.57	6.25	
300	56.25	42.19	33.75	27.78	23.81	20.83	16.66	12.50	9.00	
350	71.43	54.55	43.00	35.71	30.95	27.08	21.43	16.19	11.76	
400	85.71	65.38	51.67	42.86	37.04	32.69	25.71	19.05	13.90	
450	98.76	75.00	59.26	49.02	42.86	37.50	29.63	22.22	16.00	
500	110.00	83.33	66.67	55.56	48.15	41.67	33.33	25.00	18.18	
550	119.05	90.91	72.73	61.11	52.38	45.45	36.36	27.27	20.00	
600	126.92	97.22	77.78	65.79	56.25	49.02	39.02	29.41	21.60	

FILO DI QUATTRO MILLIMETRI DI DIAMETRO

Peso di un metro di filo, grammi 100.

DISTANZA DEI PUNTI D'APPoggio IN METRI	TENSIONE DEL FILO ESPRESSA IN CHILOGRAMMI									
	30	40	50	60	70	80	100	150	200	
50	1.01	0.75	0.62	0.52	0.44	0.39	0.31	0.20	0.15	
75	2.51	1.70	1.40	1.17	1.00	0.86	0.70	0.46	0.35	
100	4.45	3.12	2.50	2.08	1.80	1.56	1.25	0.83	0.62	
150	16.66	12.50	10.00	8.33	7.14	6.25	5.00	3.33	2.50	
200	30.00	22.22	17.78	14.81	12.80	11.11	9.00	6.00	4.50	
250	44.44	33.33	26.67	22.22	19.05	16.67	13.33	9.00	6.75	
300	56.25	42.19	33.75	27.78	23.81	20.83	16.66	11.11	8.57	
350	65.79	49.02	39.02	32.69	27.08	23.81	19.05	12.50	9.52	
400	72.73	54.55	43.00	35.71	30.95	27.08	21.43	13.90	10.53	
450	78.26	59.26	46.15	38.46	33.33	29.63	23.81	15.38	11.54	
500	83.33	63.89	49.02	41.18	35.71	31.25	25.00	16.67	12.50	
550	88.00	68.18	51.67	43.75	37.50	33.33	26.67	17.78	13.64	
600	92.31	72.22	54.55	46.15	39.68	35.71	28.57	18.75	14.55	

necessità di avere il filo teso nelle linee telegrafiche è facile a comprendersi: se non fosse teso, piegherebbe pel proprio peso verso terra, facendo curve diverse secondo gli attriti che incontrerebbe nei punti d'appoggio ed a norma delle distanze di questi punti; in questo modo sarebbe

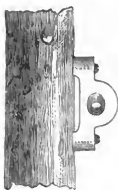


Fig. 171.
ISOLATORE AD ANELLO.



Fig. 172.
ISOLATORE A FUNGO.

impossibile avere, come si hanno al presente, linee formate d'un gran numero di fili posti l'uno sull'altro, senza che venissero in contatto.

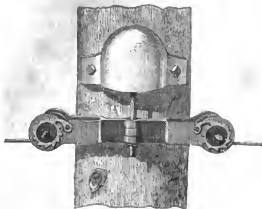


Fig. 173. CAPPELLOTTI DI TENSIONE.

« Quando si può è sempre utile che la tensione sia la più piccola possibile, e quando si è invece costretti di tendere molto i fili, bisogna

(1) Allorché i punti di sospensione sono in linea retta ed i pali trovansi a distanza non maggiore di 100 a 150 metri, la catenaria sotto cui si dispongono sotto una tensione che non deve superare 160 chilogrammi, ha una freccia di 1^m.21 per il filo di 3 millimetri. S'intende però che quando, senza incontrare inconvenienti, la freccia potesse essere molto più grande, anche la distanza fra i punti d'appoggio potrebbe essere molto maggiore, e questo avviene allorché la linea deve traversare vallate molto profonde e riunite due edifizii alti e molto distanti fra loro. Non conviene però dimenticarsi che crescendo la freccia della catenaria cresce la tensione nel punto più alto della curva, e che non si devono mai oltrepassare i limiti oltre

avere cura di rallentarli prima che venga l'inverno (1).

« *Linee sotterranee.* — Se la scienza e la pratica fossero riuscite a procurare un sistema di linee telegrafiche sotterranee solido e ben isolato, non vi è dubbio che, anche malgrado una spesa maggiore di prima costruzione, quel sistema avrebbe prevalso sul sistema delle linee telegrafiche sospese. E ben si comprende che una linea telegrafica non soggetta a repentine variazioni di temperatura ed agli effetti della pioggia, non esposta ai danni dei malfattori, che non avesse bisogno di assidua sorveglianza e di frequenti riparazioni, sarebbe preferibile alle linee che ora abbiamo. Disgraziatamente tutti i tentativi di linee sotterranee fatti sino ad ora, anche sopra grande scala, sono stati abbandonati dopo grandi



Fig. 174. TENDITORE.

sacrificii fatti nello stabilirle. In Prussia e in Austria erano state costrutte lunghe linee sotterranee, ma dopo pochi anni furono abbandonate e sostituite da linee sospese. Sonvi però tuttora alcuni casi nei quali è quasi indispensabile, come nell'interno delle grandi città, il ricorrere a linee sotterranee. »

I migliori risultati si ottennero impiegando, per le linee sotterranee, gomene formate di quattro o più fili di rame, ciascuno dei quali è ricoperto di due strati successivi di gutta-perca ed è quindi rivestito di cotone incatramato; questi fili vengono poi ritorti come i trefoli d'una fune, dopo di che vogliono essere ricoperti d'uno strato di cotone incatramato.

« Volendo servirsi di queste gomene per co-

i quali vi è pericolo di rottura. In questi casi si deve preferire il filo, non ricotto, di 4 millimetri; la più grande distanza alla quale si possono mettere i due pezzi di tensione è di 930 metri per il filo di 4 millimetri, nel qual caso la freccia sarà 315 metri; per i fili di 3 millimetri non ricotti, la tensione massima essendo di 80 chilogrammi, la distanza dei punti di appoggio può essere di 1783 metri, con una freccia di 560 metri. Naturalmente in pratica non si raggiungono mai questi limiti, essendo impossibile assegnare alle frecce dimensioni così grandi. Per le distanze di 3 a 400 metri, che sono quelle maggiori che si incontrano nella pratica, basterà che la freccia sia di 10 a 15 metri.

struire una linea telegrafica sotterranea, la prima precauzione che si deve usare è di assicurarsi che i singoli fili metallici sieno perfettamente ricoperti dallo strato isolante in tutti i loro punti. A questo fine si immerge un lungo tratto di quella gomema in un recipiente pieno d'acqua e si lascia in questo stato per molte ore e meglio anche per diversi giorni, tenendo i due capi della gomema fuori del liquido. Ciò fatto si sperimentano successivamente uno ad uno i singoli fili di rame costituenti la gomema, procedendo nel seguente modo: Si prende un galvanometro abbastanza sensibile e si fa comunicare uno dei suoi capi con uno dei poli della pila e si unisce l'altro polo ad uno dei capi d'uno dei fili di rame della gomema immersa, e quindi si immerge nell'acqua l'altro filo del galvanometro. Evidente-

mente se lo strato isolante non è perfetto, l'ago indicherà il passaggio di una corrente, e non è difficile trovare il punto della imperfezione; basta perciò tirare via via la gomema fuori d'acqua, tenendo sempre il capo libero isolato nell'aria. Allorchè cessa la deviazione del galvanometro si intende che è fuori d'acqua il punto in cui è interrotto lo strato isolante. Si rimedia a quel difetto riscaldando la gutta-perca colla fiamma di una lampada ad alcool, od esponendola al calore dei carboni accesi. Allorchè si vogliano congiungere insieme due gomene si saldano assieme a due a due i capi metallici dei singoli fili di rame, si riscalda egualmente la gutta-perca da una parte e dall'altra della saldatura e la si distende sopra, per ultimo si fascia accuratamente il tutto con cotone incatramato.

VI.

TELEGRAFO MORSE.

Descrizione dell'apparato di Morse; il manipolatore o tasto; la macchina a segnali ovvero ricevitore; il soccorritore (*relais*). — Segnali internazionali per l'apparato di Morse. — Trasmissione dei disegni. — Il parafulmine. — Inconvenienti dei segnali a secco. — L'invenzione del telegrafista John. — Lentezza relativa del sistema Morse.

Dopo d'aver disposto fra le due stazioni estreme della linea, nei modi indicati nel precedente capitolo, un continuo filo metallico accuratamente isolato, si compie il circuito conduttore applicando, a ciascuna delle due estremità di questo lungo filo metallico, una lastra di rame immersa nell'acqua d'un pozzo; la terra interposta fra queste due lastre — l'una delle quali rimane quindi presso alla stazione di partenza, l'altra presso a quella d'arrivo — completa il circuito.

La stazione che dà il segnale — alla quale daremo il nome di stazione di partenza — deve possedere una pila, un polo della quale comunica con la Terra e l'altro con la linea telegrafica per mezzo dell'apparecchio destinato a trasmettere il segnale; questo apparecchio che si chiama *manipolatore o tasto*, secondo i vari sistemi di macchine telegrafiche, è combinato in modo da poter chiudere o interrompere a volontà il circuito affinché segnali successivi possano essere dati o trasmessi. All'altra stazione — che chiameremo di arrivo — il filo della linea comunica con un apparecchio detto *macchina a segnali*, dal quale poi la corrente passa nella lastra di rame immersa nel pozzo, quindi percorrendo la

Terra si dirige verso la stazione di partenza e giunge a quel polo della pila che è in comunicazione col suolo.

Poichè la corrispondenza sia, come deve essere, sempre possibile fra le due stazioni, si l'una come l'altra devono avere la pila, il manipolatore o il tasto e la macchina a segnali. Dovendo poi lo stesso filo servire per il passaggio delle correnti o dei segnali che si succedono nei due sensi, allorchè l'una o l'altra delle due stazioni trasmette un telegramma, è necessario che le macchine a segnali siano sempre in comunicazione col suolo.

Quando l'apparecchio telegrafico è in riposo il filo della linea mette capo al manipolatore e questi comunica metallicamente con la macchina a segnali. Quando invece si vuol trasmettere un dissenso, basta muovere o premere il manipolatore per invertire questo stato di cose: il filo della linea che prima comunicava con la macchina, comunica ora con la pila e, finchè dura questa comunicazione, la corrente elettrica uscente dalla pila attraversa il manipolatore e giunge, con la rapidità della folgore, alla stazione di partenza. Il giuoco del manipolatore consiste adunque nel

far comunicare la linea ora con la macchina, ora con un polo della pila; l'altro polo di quest'ultimo è — come si è già detto — in comunicazione colle Terra.

La fig. 175 rappresenta il *manipolatore* del telegrafo di Morse, ridotto alla sua massima semplicità: esso si compone d'una tavoletta isolante di legno verniciato la quale serve di sostegno ad una leva metallica K, mobile intorno ad un asse orizzontale S; quest'ultimo è in immediata comunicazione col filo metallico costituente la linea telegrafica. L'estremità sinistra della leva K tende continuamente a sollevarsi per effetto di una molla *r* collocata al disotto. Premendo leggermente il bottone P, di legno o d'avorio, la leva si abbassa e va a toccare, con la sua faccia inferiore, un pezzo metallico fisso sullo zoccolo e comunicante — mediante filo metallico — col polo positivo della pila; un simile pezzo metallico — indicato da *a* — è in comunicazione con la macchina a segnali; una



Fig. 175. MANIPOLATORE DI MORSE.
(Figura teorica).

punta metallica V, applicata al braccio destro della leva K, rimane a contatto col pezzo *a* fino a tanto che il manipolatore è in riposo e perciò il filo della linea che, come abbiamo detto termina in S, trovasi — grazie al braccio destro del manipolatore, alla punta V ed al pezzo *a* — in comunicazione metallica con la macchina a segnali; quando invece, premendo il bottone P, si abbassa l'estremità sinistra della leva, l'estremità destra della stessa è necessariamente sollevata e quindi rimane interrotta la comunicazione fra la linea e le macchine e si stabilisce invece una comunicazione fra il polo positivo della pila posseduta dalla stazione ed il filo della linea. — Ciò posto si comprenderà la disposizione rappresentata dalla qui unita figura prospettica (fig. 176) nella quale i singoli pezzi sono indicati con le stesse lettere impiegate nella figura precedente; i tre pinoli A, B, C accolgono nel loro interno una vite di pressione destinata a mantenere immobili tre fili metallici. Per quanto si è già detto,

il lettore avrà già compreso che il pinolo intermedio C accoglie il filo della linea; il pinolo A riceve il filo che mette capo alla macchina a segnali, e per ultimo il pinolo B accoglie il filo che giunge dal polo positivo della pila. Riassumendo possiamo concludere che premendo il bottone P solo per un istante il filo della linea e quindi la macchina a segnali della stazione d'arrivo saranno percorse solo per un istante della corrente elettrica; premendo invece quel bottone per un tempo più o meno lungo, la corrente continuerà

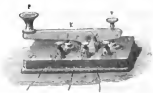


Fig. 176. MANIPOLATORE DI MORSE.

rebbe in tutto quel tempo a percorrere il filo della linea ed a manifestare la sua presenza nella macchina a segnali della stazione d'arrivo. E siccome la durata dei contatti fra il braccio sinistro della leva K e il sottostante pezzo metallico *a* è del tutto arbitraria e dipende esclusivamente dalla durata della pressione esercitata dalla mano del telegrafista sul bottone P, così riesce evidente che questi potrà lanciare lungo il filo della linea, e quindi nella macchina a segnali della stazione d'arrivo, correnti intermittenti di durata variabile e del tutto arbitraria.



Fig. 177. RICEVITORE DI MORSE.
(Figura teorica).

Vediamo ora come queste correnti possono essere utilizzate dalla macchina a segnali, detta anche *ricevitore*, esistente nella stazione d'arrivo. Le parti più essenziali di questa macchina sono rappresentate dalla fig. 177; il filo telegrafico che staccatosi dal pinolo C (fig. 176) nella stazione di partenza ha ormai percorso tutta la

distanza intermedia, giunto nella stazione d'arrivo, mette capo in un rocchetto elettro-magnetico E (del tutto simile a quelli rappresentati in E ed E' nella fig. 141) e va quindi a terminare sotterra nella lastra metallica che — per quanto si è già detto — serve a completare il circuito. Superiormente al rocchetto E è collocata una leva orizzontale AODV, mobile intorno al perno O, il braccio destro di questa leva contiene un'ancora di ferro dolce A, che viene a trovarsi a pochissima distanza dal cilindro di ferro dolce contenuto nel rocchetto E; una molla spirale *r* tende continuamente ad abbassare l'estremità sinistra della leva e costringe quindi l'ancora A a rimanere discosta dal rocchetto E. L'estremità del braccio sinistro OV contiene una punta d'acciaio V destinata a scrivere i segnali ogni qualvolta la macchina è percorsa dalla corrente. Quando ciò avviene il ferro dolce contenuto nel rocchetto E acquista istantaneamente la proprietà della calamita e quindi, vincendo la resistenza opposta dalla molla *r*, attrae a sé l'ancora di ferro dolce A, l'estremità destra della leva AV si abbassa; quest'abbassamento produce necessariamente il contemporaneo sollevamento dell'estremità sinistra e così la punta V giunge a contatto d'una lista YY di carta robusta, previamente avvolta sopra un tamburo R (fig. 178) ed impegnata fra due cilindri d'ottone *a*, *b*, a superficie scabra, giranti in versi contrarii come quelli di un laminatoio. Il movimento di questi cilindri è provocato da apposito meccanismo d'orologeria racchiuso nella cassetta BD, perciò il movimento della lista di carta è continuo ed uniforme; riesce quindi facile il comprendere che la punta V continuerà a premere sulla lista di carta fino a tanto che la corrente elettrica continuerà a percorrere il rocchetto E rendendo temporaneamente magnetico il ferro dolce in esso rocchetto conte-

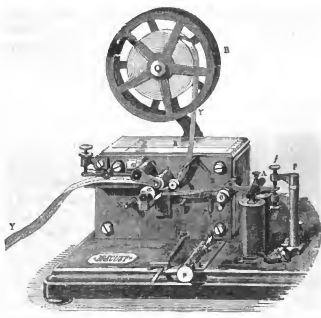


Fig. 178. MACCHINA A SEGNALI O RICEVITORE DELL'APPARATO DI MORSE.

nuto. Ora la pressione della punta V sulla lista di carta produrrebbe soltanto un punto se la lista fosse immobile, ma siccome ciò non avviene, poichè come si è detto la lista di carta è obbligata, dal movimento d'orologeria, a scorrere con moto continuo, così la pressione della punta imprime sulla sovrastante lista di carta un leggero solco. Questo solco riesce evidentemente tanto più lungo quanto maggiore è la durata della corrente lanciata nel rocchetto E. Se la corrente ha durata istantanea, la punta V preme la carta solo per un istante, e quindi imprime sovr'essa un punto solo (.) ; se la corrente ha breve durata la punta imprime sulla lista di carta un breve solco, una piccola linea (—). Ecco dunque che il telegrafista che trovasi alla stazione di partenza può successivamente obbligare la punta V, che trovasi nella stazione d'arrivo, a solcare intermittentemente la lista di carta ora con punti brevissimi ora con tratti un po' lunghi; bastando all'uopo premere il bottone P (fig. 176) solo per un brevissimo istante,

ovvero per un periodo di tempo un pochino maggiore. Obbligando quindi la corrente a percorrere il filo della linea e quindi anche il rocchetto E (fig. 177), durante tempi più o meno lunghi, si possono produrre ad arbitrio, alla stazione di arrivo una linea (—) od un punto (.), e per conseguenza si possono produrre variabilissime successioni di linee e di punti, che opportunamente combinate possono servire a rappresentare le singole lettere dell'alfabeto, le interpunzioni, le cifre ed altri segni convenzionali (1).

Per completare la descrizione del ricevitore diremo ancora che per moderare l'ampiezza delle oscillazioni della leva AV si dispongono due viti *f*, *g*, con le punte affacciate ed a breve distanza, opportunamente collocate, l'una al diso-

(1) Vedi la nota in fine del capitolo.

pra, l'altra al disotto del braccio destro AO della suddetta leva. La vite *f* è disposta in modo da permettere all'ancora di ferro dolce, A, di allontanarsi ben poco (sotto l'azione della molla *r*) dall'elettro-calamita ogni qualvolta la corrente rimane interrotta; la vite *g* ha tal posizione che permette all'ancora A di giungere a grandissima vicinanza dell'elettro-calamita, senza tuttavia permettere l'effettivo contatto.

Fin qui abbiamo, per semplicità, supposto che la corrente giungendo pel lungo filo della linea telegrafica entri direttamente nell'elettro-calamita E (fig. 177) e facendo oscillare la leva AV imprima il dispaccio. Ora, quando la corrente ha percorso una decina di chilometri, essa ha già perduta gran parte della sua intensità e perciò non sarebbe in grado — trattandosi di distanze

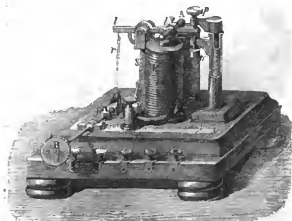


Fig. 179. SOCCORRITTORE DI WHEATSTONE.

un po' lunghe — di comunicare all'elettro-calamita tutta la forza necessaria ad imprimere, sulla lista di carta, con sufficiente chiarezza, i solchi ed i punti che rappresentano il dispaccio. Perciò si ricorre ad un apparecchio ausiliario, detto *soccorritore* (in francese *relais*) ideato dal fisico inglese Wheatstone. Quest'apparecchio, che vuol essere collocato nella stazione d'arrivo, presso al ricevitore, si compone di due rocchetti elettro-magnetici E (fig. 179); il filo della linea, che giunge dalla stazione di partenza, mette capo nello vite di pressione K, la attraversa e va a congiungersi con le spire dei due rocchetti E, l'altro estremo del filo che avvolge questi due rocchetti va a terminare nella lamina di rame sepolta nel terreno, quindi la corrente elettrica lanciata dalla stazione di partenza giunge per K

nei due rocchetti E e poscia va a scaricarsi nel suolo. Ora, ogni qualvolta ciò si verifica, i due rocchetti divengono magnetici e perciò attraggono una spranga od ancora A, di ferro dolce, applicata al braccio destro d'una leva metallica *ll'*, mobile intorno a perno orizzontale portato da un sostegno S. Due viti metalliche *pp'* applicate sopra una colonnetta di vetro, o d'altra materia isolante, compiono duplice ufficio: impediscono all'ancora A di scostarsi troppo dai rocchetti E — obbedendo alla trazione della molla *r* — quando l'apparecchio è in riposo, impediscono all'ancora di giungere a contatto dei rocchetti quando, per effetto della corrente elettrica, acquistano temporaneamente la virtù magnetica e, nel tempo stesso, servono a chiudere o ad interrompere un circuito elettrico, come vedremo fra breve. Nello stato di riposo, l'ancora A è unicamente soggetta all'azione della molla *r*, questa trae verso il basso l'estremità sinistra *l* della leva *ll'*, perciò l'ancora A rimane alcun poco discosta dai rocchetti E e il braccio destro, *l'*, della leva metallica *ll'*, tocca la punta inferiore della vite *p*; quando invece la linea telegrafica è percorsa da una corrente elettrica, i rocchetti E — divenuti magnetici — attraggono l'ancora A ed il braccio destro della leva aderisce alla sommità della vite inferiore *p'* finché il filo della linea telegrafica continua ad essere percorso dalla corrente elettrica.

Una pila elettrica ausiliaria, detta *pila locale*, composta di sole 4 o 5 coppie, collocata nella stazione d'arrivo, in prossimità al soccorritore, ne costituisce parte integrante. Grazie all'ingegnosa disposizione che or ora descriveremo, la corrente provocata da questa pila penetra nel rocchetto (segnato E nella fig. 177) della macchina a segnali, e perciò gli comunica la virtù magnetica, ogni qualvolta il telegrafista, che trovava nella stazione di partenza, preme il bottone del manipolatore. E così la corrente elettrica provocata dalla pila locale, avendo da percorrere solo brevissima distanza e passando quindi quasi integralmente nel ricevitore, possiede la necessaria energia per abbassare l'estremità A (fig. 178) della leva scrivente, la cui punta va allora a premere con forza sulla lista di carta YY e imprime in essa il solco desiderato. — Vediamo ora in qual maniera si può far passare nel ricevitore la corrente elettrica della pila locale nel preciso istante in cui, per l'abbassamento del tasto del manipolatore, nella stazione di par-

tenza, l'ancora A del soccorritore (fig. 179) è attratta dai sottostanti rocchetti elettro-magnetici: dei due reofori della pila locale, l'uno comunica con la vite di pressione C, della quale si stacca un filo conduttore che giunge nel sostegno metallico S e quindi l'elettricità nascente da quel reoforo penetra dalla vite C, nel sostegno S, nelle leva *ll'* e nell'ancora A; l'altro reoforo mette capo al rocchetto E del ricevitore (fig. 178), ne percorre le fitte spire, giunge quindi nella vite di pressione R (fig. 179) dalla quale si dirama un filo conduttore che, salendo lungo la colonnetta isolante, mette capo nella vite inferiore *p'*. Grazie a tale disposizione, il circuito della pila locale rimane aperto tutto il tempo in cui la linea te-

legrafica non è percorsa dalla corrente elettrica, poichè allora i rocchetti E del soccorritore non posseggono alcuna virtù magnetica, e l'ancora A obbedendo unicamente alla trazione della molla *r* si mantiene sollevata ed aderente alla parte inferiore della vite *p*; quando invece il filo della linea telegrafica è percorso dalla corrente elettrica — il che, giova ripeterlo, avviene quando il telegrafista della stazione di partenza preme il bottone del manipolatore — la corrente lanciata dalla stazione corrispondente giunge nel soccorritore; penetra nella vite K e seguendo il filo che da questa si diparte, giunge nei rocchetti E del soccorritore, li trasforma in calamite temporarie, perciò queste attraggono l'ancora A; il di-

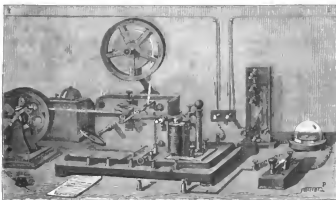


Fig. 180. STAZIONE TELEGRAFICA. (SISTEMA MORSE).

lei abbassamento provoca il contatto del braccio destro della leva *ll'* con la sommità della vite *p'* e quindi il circuito della pila locale rimane chiuso. La corrente provocata da questa pila attraversa allora le spirali dei rocchetti E del ricevitore (fig. 178), questi attraggono l'estremità A della leva A V, la punta scrivente V si innalza e solca con forza la lista di carta YY. Non appena il telegrafista che trovavasi alla stazione di partenza abbandona il bottone del manipolatore, la corrente della linea riesce tosto interrotta, i rocchetti del soccorritore perdono incontinentemente la loro virtù magnetica; e l'ancora di ferro dolce applicata al braccio destro della leva *ll'* (fig. 179), obbedendo alla tensione della molla *r*, abbandona la vite inferiore *p'*, va a riposare sulla punta *p* e

così interrompe il circuito della pila locale; nello stesso istante i rocchetti del ricevitore perdono anch'essi la loro virtù magnetica, l'estremità A (fig. 178) della molla A V — cedendo alla tensione della molla *r* — si innalza, la punta scrivente V, si abbassa, e cessa di solcare la lista di carta.

In questo modo, benchè i movimenti della macchina scrivente dipendano da una corrente che non è quella della linea, pure il giuoco del soccorritore, le magnetizzazioni e smagnetizzazioni dell'elettro-calamita del ricevitore, concordano esattamente coi passaggi e colle interruzioni della corrente della linea, la quale mentre sarebbe inetta a muovere, con la necessaria energia, la punta scrivente del ricevitore è invece più che

sufficiente a provocare le minime oscillazioni dell'ancora A (fig. 179) che determinano l'apertura o la chiusura del circuito della pila locale.

Le successioni di punti e di linee con le quali la punta scrivente ha solcata la lista di carta, vengono tosto tradotte nel linguaggio ordinario e quindi trascritte sopra apposito registro dal telegrafista che trovasi alla stazione d'arrivo, il quale manovrando a mano il manubrio d'apposito tamburo, visibile sulla sinistra della fig. 180, ha cura di avvolgervi la lista di carta di mano in mano che riceve le impressioni della punta. Questa lista dev'essere conservata, come documento autentico del ricevuto dispaccio. — La chiave che si scorge in quest'ultima figura, lateralmente alla cassetta contenente il meccanismo d'orologeria, penetra nella sporgenza parallelepipeda X (fig. 178) e serve a rimontare di tempo in tempo questo meccanismo; la verghetta K (fig. 178) può oscillare, per breve tratto, verso destra o verso sinistra; muovendola verso destra

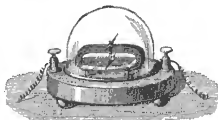


Fig. 181. GALVANOMETRO D'UNA STAZIONE TELEGRAFICA.

si lascia in libertà il meccanismo d'orologeria e la lista di carta si svolge dal tamburo R, muovendo invece la verghetta K verso sinistra, il meccanismo è arrestato e la lista di carta cessa di svolgersi.

Il filo della linea penetra per L (fig. 180) nella stazione d'arrivo, attraversa un apparecchio, che dall'ufficio cui adempie è detto *parafulmine*, percorre le spire d'un galvanometro (rappresentato più particolareggiatamente dalla fig. 181), visibile sulla destra del tavolo, e mette capo all'asse orizzontale S, del manipolatore (fig. 176), il quale — come si è già detto — è congiunto col bottone K del soccorritore. Grazie a tale disposizione, la corrente elettrica lanciata dalla stazione di partenza è costretta, appena giunge nella stazione d'arrivo, ad attraversare il parafulmine ed a percorrere il galvanometro; col primo di questi due provvedimenti si ripara — come diremo fra breve — ad un gravissimo pericolo, col secondo si è

in grado di riconoscere ad ogni istante e a colpo d'occhio, quale sia l'intensità della corrente che giunge nella stazione d'arrivo. L'intensità di questa corrente può variare anche indipendentemente dall'energia della pila — esistente nella stazione di partenza, un reoforo della quale comunica col filo della linea — poichè il filo telegrafico, percorrendo lunghissime distanze in mezzo all'atmosfera, essendo ottimo conduttore ed accuratamente isolato in tutti i punti intermedi fra le due contigue stazioni, si carica naturalmente d'elettricità atmosferica; questa tende costantemente a scaricarsi nella Terra, perciò segue

il filo e penetra nelle due stazioni da esso congiunte, attraversa il parafulmine e giungendo nel galvanometro rivela la sua presenza aumentando le deviazioni del suo ago e facendo scoppiare qualche scintillizza.

Il *parafulmine* (fig. 182) si compone di due pezzi metallici, le cui parti affacciate sono provvedute di una serie di punte; il pezzo di sinistra comunica con la linea, quello di destra con la Terra; ora, grazie



Fig. 182. PARAFULMINE D'UNA STAZIONE TELEGRAFICA.

alla più volte ricordata proprietà delle punte (pag. 40 e 63), l'elettricità atmosferica che, percorrendo il filo della linea, giunge nel pezzo di sinistra, trova un facile varco e si slancia nelle punte del pezzo di destra e da questo nel suolo, mentre l'elettricità della pila — che non può propagarsi se non vi ha continuità di circuito — non è in grado di superare la piccola distanza che corre fra le punte di sinistra e quelle di destra e continua a passare dal pezzo di sinistra nel galvanometro e quindi nel manipolatore come si è già detto. In questo tragitto la corrente deve percorrere un sottilissimo filo di ferro (avente, in diametro, un decimo di millimetro) racchiuso — per ripararlo dagli urti e dalla conseguente rottura — in un tubo di vetro; or bene, quando il filo telegrafico fosse percorso da una forte carica d'elettricità atmosferica — il che avverrebbe quando in vicinanza di un punto qualunque della linea ci fosse una nube temporalesca carica d'elettricità — questa, giun-

gendo nella stazione, potrebbe trovare insufficiente il varco offerto dalle punte affacciate dei pezzi L e T e perciò passerebbe dal pezzo L nel galvanometro e negli altri apparati dai quali potrebbe stanciarsi, in forma di formidabile folgore, sugli astanti; ma essendo costretta a percorrere il sottilissimo filo di ferro lo riscalda istantaneamente a tal segno da liquefare e così la stessa elettricità atmosferica interrompe il circuito e la pericolosa scarica elettrica passa nel pezzo T e quindi nella Terra. Tuttavia non è consigliabile l'adidasar interamente al parafulmine; quando le oscillazioni dell'ago del galvanometro divengono straordinariamente ampie, quando lo scoppietto delle scintille aumenta in frequenza ed energia, si può a buon diritto ritenere che su qualche punto della linea — fors'anche a più decine di chilometri di distanza — scoppia un temporale, allora il telegrafista interrompe — con una semplicissima disposizione che si può facilmente immaginare — la comunicazione fra la linea e gli apparati e mette la linea in diretta comunicazione con la Terra; il pericolo è così completamente eliminato. È manifesto che qualsiasi trasmissione di disaccordi riesce impossibile fino a tanto che non si ristabilisce la comunicazione fra la linea e gli apparati.

L'apparecchio Morse quale fu fin qui descritto presentava tuttavia un grave inconveniente: i solchi lasciati dalla pressione della punta sulla lista di carta non riescono sempre efficientemente distinti, e perdono gran parte della loro chiarezza quando la lista di carta è impugnata dal telegrafista che deve tradurre i segni e ancor più quando poi è avvolta sul tamburo; aggiungi infine che quand'anche i solchi si mantenessero profondi nella lista di carta, riuscirebbe pur sempre faticoso li decifrarli specialmente quando la stanza fosse scarsamente illuminata.

Per ovviare a questi inconvenienti si cercò di perfezionare l'impressione dei segnali forniti dall'apparecchio di Morse, sostituendo ai solchi lasciati dalla punta secca, segni ben più visibili tracciati coll'inchiostro.

Più di quaranta sistemi furono proposti a tale scopo; si cercò di far scrivere i segnali da matite, da punte intrise d'inchiostro o da reazioni chimiche fra la punta metallica e la lista mobile di carta (1).

(1) Il lettore che amasse conoscere questi vari sistemi, ne troverà la particolareggiata descrizione nell'opera di Fa. de Moisson, (*Essai sur l'application de l'électricité*, Tome II, IV, V.)

Il più vantaggioso fra questi fu ideato fino dal 1835 da un telegrafista austriaco, Tommaso John, di Praga; questi sostitui alla punta secca — applicata all'estremo sinistro della leva di Morse — una rotella girevole intorno al proprio asse, parzialmente immersa in un calamaio; quando la linea telefonica è percorsa dalla corrente elettrica la rotella, in virtù del temporaneo magnetismo dei rocchetti del ricevitore, aderisce alla lista di carta; e siccome quest'ultima va continuamente svolgendosi (per effetto del movimento d'orologeria racchiuso nella cassetta B, fig. 178) così l'aderenza fra la carta ed il contorno della rotella obbliga questa a girare intorno al proprio asse e finché la carta continua a svolgersi e la rotella ad aderire, il contorno di questa — che continuamente attinge l'inchiostro dal calamaio — traccia una linea continua sulla lista di carta. Se la rotella aderisce alla carta solo per un istante, la carta riceve l'impronta d'un punto solo — più esattamente conviene dire che in tal caso l'impronta è una breve lineetta — se invece la rotella si mantiene aderente alla lista di carta per un po' di tempo, ne risulta una linea tanto più lunga, quanto maggiore fu la durata del contatto fra la rotella e la carta, ossia risalendo dall'effetto alla causa, quanto più tempo il telegrafista che invia il dispaccio, continua a premere il bottone del manipolatore.

Nel 1839 i fratelli Digney, abili costruttori di strumenti di precisione, dimoranti a Parigi, sostitirono al calamaio un cilindro elastico inzuppato d'inchiostro grasso che si mantiene umido anche per più giorni; quando la rotella è spinta contro la carta ed incomincia a girare, il di lei contorno imbisce quel cilindro e così si carica continuamente d'inchiostro, similmente a quanto avviene nei rulli dei torchi meccanici dei tipografi (Vol. I, pag. 16). E siccome la forza necessaria a stabilire l'aderenza fra la rotella scrivente e la lista di carta è molto minore di quella che si richiede per produrre su quest'ultima un solco chiaramente visibile, così l'ingegnoso perfezionamento introdotto dai fratelli Digney offerse un altro vantaggio non poco importante: permise cioè di sopprimere il soccorritore e con esso anche la pila locale poichè la corrente della linea basta da sola ad animare la rotella scrivente.

L'invenzione di Morse così perfezionata risponde quasi completamente alle esigenze della

telegrafia; e perciò i vari Stati europei che la adottarono, accordarono collettivamente all'inventore, nel 1860, un premio di quattrocento mila franchi a titolo di indennità.

Due sono le censure più importanti che si muovono contro il sistema di Morse; la necessità di uno studio preparatorio per riescire a trasmettere ed a decifrare agevolmente i singoli dispacci, la lentezza — relativa — nelle trasmissioni. Ed invero mentre col sistemi che descriveremo più avanti le parole e le frasi vengono formate dalle lettere dell'alfabeto, nel telegrafo di Morse queste sono rappresentate da segni convenzionali, e perciò tanto chi invia il dispaccio quanto colui che lo riceve deve conoscerli per lungo studio ed abitudine, ed in assenza del telegrafista riesce quasi impossibile ai profani di valersi di quest'ingegnosa ed utilissima invenzione. La lentezza è pure un'inevitabile conseguenza dell'alfabeto convenzionale, nel quale vi sono alcune

lettere che richiedono persino *cinque* segni, e quindi per ciascuna di esse è necessario lanciare successivamente, nella linea telegrafica, cinque correnti distinte; e così la trasmissione dei dispacci non può effettuarsi con quella rapidità che pur sarebbe richiesta in alcuni casi; ed infatti un buon telegrafista può appena — nel corso di un'ora — trasmettere, col telegrafo di Morse, da venti a ventiquattro dispacci di venti parole ciascuno. Questo numero è sufficiente per i bisogni delle linee di secondaria importanza, ma sulle linee più importanti, come, ad esempio, sulla linea Torino-Firenze, l'affluenza dei dispacci, particolarmente in alcune ore del giorno, è ben maggiore e quindi il telegrafo di Morse, che è pure uno dei più mirabili prodotti della scienza contemporanea, che sui primordii della telegrafia sembrava di gran lunga superiore ai bisogni, oggi, per le aumentate esigenze della società, è divenuto, in alcuni casi, insufficiente.

NOTA.

Crediamo far cosa grata al lettore trascrivendo qui sotto i segni telegrafici che in seguito a Convenzione internazionale stipulata a Parigi (12 aprile 1855) fra tutti gli Stati del continente europeo, sono attualmente adottati dagli uffici telegrafici italiani tanto pel servizio interno quanto pel servizio internazionale, coll'uso dell'apparato di Morse.

SEGNİ TELEGRAFICI COLL'APPARATO DI MORSE.

ALFABETO.

a . — .	b	c . — . .
d . . .	e	f
g . — . .	h	i
k	l	m
n	o	p
q	r	s
t	u	v
w	x	y
z	ch	o
		a

INTERPUNZIONI.

Allineo
Sottolineato
Virgolette »
Punto
Punto o virgola
Virgola
Doppio punto
Punto d'interrogazione o domanda di ripetizione ?
Punto d'esclamazione !

Tratto d'unione —
Apostrofe '
Parentesi ()

CIFRE.

1	2
3	4
5	6
7	8
9	0

Segno di frazione . /

SEGNİ CONVENZIONALI.

Chiamata
Invito a trasmettere
Segno d'errore
Fine della trasmissione
Dispaccio di Stato
Dispaccio di servizio
Dispaccio privato
Impedito
Compreso
Avviso di ricevimento
Lettera maiuscola
Dispaccio d'urgenza

AVVERTENZE SULL'USO DEI SEGNİ CONVENZIONALI.

La Chiamata può anche ripetersi varie volte, ed i segnali di essa devono farsi chiaramente onde evitare inconvenienti. Il segno di Dispaccio di Stato e di urgenza viene a seconda del caso ripetuto una, due o tre volte innanzi alla chiamata. I segni della parentesi o della lettera maiuscola vengono dati tanto prima della lettera o parola, quanto dopo.

Per esempio (Telegrafi)

A

Nel segno di Errore non vi devono mai essere meno di nove punti.

VII (1).

TELEGRAFO HUGHES.

Pregi del telegrafo Hughes: rapidità e sicurezza nella trasmissione; stampa contemporanea del dispaccio nella due stazioni corrispondenti. — Missione smagnetizzatrice della corrente. — Meccanismo d'orologeria, bilanciere, frano, regolatore a lamina vibrante. — Il manipolatore ed il esretto. — La ruota dei tipi e la rotella stampante; l'asse degli eccentrici; la ruota correttrice. — Trasmissione d'un dispaccio. — Perfezionamento che permette di stampare direttamente le cifre ed altri segni.

Il più soddisfacente fra i vari sistemi telegrafici sperimentati fino ad ora, quello che a lungo andare potrà forse detronizzare completamente il telegrafo di Morse è anch'esso d'origine ame-

ricana; l'inventore ne fu un dotto fisico ed ingegnossissimo meccanico, il signor Edmondo Hughes, professore all'Università di Nuova York.

Il telegrafo Hughes non richiede un alfabeto

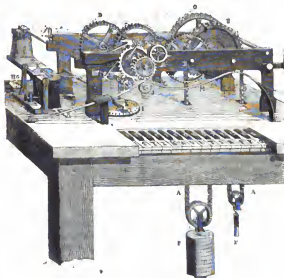


Fig. 183. TELEGRAFO DI HUGHES.

convenzionale; esso trascrive direttamente il dispaccio in caratteri tipografici ordinari e così non vi ha bisogno della duplice traduzione: dalla scrittura ordinaria alla scrittura convenzionale, alla stazione di partenza; dalla scrittura convenzionale alla scrittura ordinaria, alla stazione d'arrivo. Grazie all'invenzione di Hughes il dispaccio viene

stampato automaticamente su liste di carta che vengono poi direttamente consegnate al destinatario, tagliate ed incollate — in linee sovrapposte — sopra un foglio di carta ordinaria; e non solo si risparmia la duplice trascrizione che è inevitabile sorgente d'errori e motivo di perdita di tempo, ma si ha benanco l'immenso vantaggio che l'identica stampa si produce contemporaneamente tanto alla stazione d'arrivo quanto in quella di partenza. L'ufficiale che spedisce il dispaccio vede svolgersi sotto ai suoi occhi, sulla

(1) Per non moltiplicare le citazioni avvertiamo che questo capitolo è in gran parte ricavato dalla *Descrizione del telegrafo Hughes*, del signor E. F. BLAVIER, tradotta per cura della Direzione generale dei telegrafi italiani; Firenze, Costa e C., 1907.

lista di carta, le precise parole stampate dall'apparato nella stazione d'arrivo, e può quindi riconoscere a colpo d'occhio se la trasmissione del dispaccio è interamente fedele; nel caso contrario el rettifica immediatamente l'errore involontariamente commesso. Aggiungiamo infine che col telegrafo Hughes si possono agevolmente trasmettere nel corso di un'ora ben cinquanta dispacci da venti parole ciascuno.

Grazie a questi importantissimi pregi il telegrafo Hughes fu adottato dal governo italiano fin dai ultimi mesi del 1861; il buon esito ottenuto indusse di lì a poco, la Francia e successivamente tutti gli altri Stati europei ad applicare questo sistema di telegrafia al servizio delle linee principali. Nelle linee di secondaria importanza e nelle piccole stazioni intermedie funziona tuttora il telegrafo Morse ad onta del maggior tempo che esso richiede per la trasmissione dei dispacci, poichè le scarse esigenze di quelle stazioni possono essere tuttavia pienamente soddisfatte con l'apparecchio Morse, molto meno dispendioso e meno facile a guastarsi dell'apparecchio Hughes, il quale — ed è questo il solo rimprovero che si può muovergli — contiene molti organi non poco complicati soggetti a guasti frequenti. Per questo motivo le stazioni nelle quali si impiega l'apparato Hughes devono sempre averne in pronto uno di ricambio.

La complicazione del meccanismo costituente l'apparato Hughes richiederebbe una lunghissima descrizione che non troverebbe posto negli angusti limiti di questo volume; tuttavia desiderando far conoscere ai nostri lettori quest'ingegnossissima invenzione dell'illustre professore americano, cercheremo di descriverne le parti più essenziali.

Mentre nel telegrafo Morse la missione della corrente elettrica consiste, come si è già detto, nell'infondere temporariamente al ferro dolce la virtù magnetica, nel telegrafo Hughes l'elettricità ha una missione del tutto opposta, essa — circolando nel rocchetti d'induzione — smagnetizza ad intervalli una calamita permanente: un'ancora di ferro dolce che rimane aderente a questa calamita fino a tanto che l'apparecchio è in riposo, trovasi repentinamente abbandonata e si solleva, obbedendo allo sforzo sov'essa esercitato da una molla antagonista, non appena la corrente elettrica è lanciata nella linea telegrafica. Grazie a tale disposizione l'energia del mo-

vimento dell'ancora, la quale — come fra breve vedremo — agisce sull'apparecchio stampante, non dipende dall'azione dell'elettricità, ma unicamente dall'energia della molla antagonista, la cui tensione può essere aumentata o diminuita a norma del bisogno. Siccome poi la sensibilità dello strumento dipende dalla differenza fra la forza attrattiva della calamita e la forza repulsiva della molla, così si possono disporre le cose (sia aumentando la tensione della molla, sia diminuendo la forza magnetica della calamita (1)) in modo che anche se l'intensità della corrente subisce qualche variazione la sensibilità dell'apparecchio stampante rimane tuttavia invariata. Inoltre, siccome la differenza fra la forza attrattiva della calamita, e la forza repulsiva della molla antagonista, può essere diminuita quanto si desidera, così è possibile ridurre l'apparecchio ad uno stato d'equilibrio quasi instabile, tale cioè da camminare anche sotto l'influenza di correnti elettriche debolissime che non produrrebbero alcun effetto sensibile sulle elettro-calamite ordinarie impiegate sia nel sistema Morse, sia in altri sistemi telegrafici.

La fig. 183 rappresenta l'assieme dell'apparato telegrafico Hughes; come si rileva dalla medesima, il lato anteriore del tavolo è occupato da una tastiera simile a quella dei pianoforti; questa tastiera costituisce il *manipolatore* dell'apparato, i tasti sono ventotto, alternativamente bianchi e neri, tutti indistintamente comunicano metallicamente col polo rame della pila; uno dei tasti non ha alcun segno, ciascuno degli altri corrisponde ad una lettera dell'alfabeto — comprendendovi quindi anco le straniere. — Le singole lettere si seguono secondo l'ordine naturale, incominciando dai tasti neri e ritornando pei bianchi.

Sullo stesso tavolo è piantato un castello di metallo sostenente un sistema di più ruote e rocchetti dentati destinati ad imprimere un movimento rotatorio continuo ed uniforme ai vari organi dell'apparato. La forza motrice a tal uopo necessaria è somministrata da una massa P del peso di 60 chilogrammi, la cui continua discesa lenta e regolare è utilizzata — mercè la catena articolata e senza fine, indicata in A — a met-

(1) Ciò si può fare applicando contro i due rami della calamita permanente una sbarra di ferro dolce. Questa sbarra neutralizza in parte la potenza magnetica della calamita; l'influenza della sbarra è tanto maggiore quanto più essa è prossima al poli.

tere in movimento una ruota ad uncini B, sulla quale si accavala la parte superiore della catena articolata.

Il peso P impiega 10 minuti per discendere di 1.^a 10, limite ordinario della sua corsa. Per ricondurlo in alto ossia per caricare tutto il meccanismo, si preme col piede sopra un pedale fino a che il peso è giunto al sommo della sua corsa.

Il movimento della ruota B si trasmette mediante ingranaggi — come negli orologi — alle varie ruote dell'apparato; l'ultima, indicata con D, ha comune l'asse con la ruota E detta *ruota dei tipi*; essa è provvista di 28 denti, uno di questi — completamente liscio — corrisponde al tasto bianco della tastiera, ciascuno degli altri ventisette denti porta scolpito in rilievo uno dei



Fig. 184. Disco, cassetto ed albero verticale dell'apparato Hughes.

caratteri segnati sui ventisette tasti residui. Sullo stesso asse della ruota dei tipi è fissata una ruota d'angolo, i denti della quale vanno ad ingranare nei denti d'una seconda ruota d'angolo — perfettamente eguale alla precedente — fissata in sommità d'un albero metallico verticale L (fig. 184); perciò, quando l'apparato è in movimento, tanto la ruota dei tipi, quanto l'albero L compiono, in tempi eguali, un egual numero di giri; circa 120 al minuto.

I denti della ruota D (fig. 183) ingranano a sinistra in un rocchetto che gira con grandissima velocità — circa 800 giri al minuto — sull'asse del quale, detto *asse degli eccentrici*, è fissato un massiccio volante che contribuisce a mantenere uniforme il movimento dell'apparato ad onta delle resistenze accidentali che esso incontra per effetto della stampa. Uno strofinatore che preme contro il volante — non appena il telegrafista

abbassa appoito bottone (indicated con *n* nella fig. 186) — serve ad arrestare completamente il movimento di tutte le ruote.

Il volante giova bensì a rendere sensibilmente uniforme la velocità, ma non serve a modificarla a piacimento in modo da ottenere nelle due stazioni telegrafiche corrispondenti un identico e concorde movimento di rotazione, ossia — come diceasi dai meccanici — movimenti perfettamente sincroni; perciò al volante è congiunto un regolatore formato da una lamina vibrante, una estremità della quale è incastrata in un pezzo immobile l'altra estremità è congiunta ad un eccentrico fissato sull'asse del volante. Un cursore, formato da una massiccia palla di rame infilata nella lamina, può occupare — lungo quest'ultima — una posizione più o meno prossima all'estremità immobile; la velocità di rotazione del volante, e quindi di tutto l'apparato, aumenta accostando il cursore all'estremità fissa, diminuisce muovendolo in opposta direzione.

A poca distanza dalla tastiera si scorge un disco I (fig. 183, 184) che costituisce il coperchio o base superiore d'una scatola collocata nella grossezza del tavolo.

Questo coperchio, rivestito di vernice isolante, rappresentato in scala maggiore dalla fig. 184, è perforato da 28 buchi disposti circolarmente, il fondo o base inferiore della scatola è similmente perforato da buchi allineati dirimpetto a quelli del disco I, a ciascuno di questi buchi corrisponde un bastoncino verticale d'acciaio che si solleva ogniqualevolta il telegrafista preme uno dei tasti del manipolatore, i singoli bastoncini sono completamente indipendenti gli uni dagli altri; ognuno di essi rappresenta sempre la stessa lettera, e l'ordine col quale si succedono è lo stesso di quello dei caratteri in rilievo sulla *ruota dei tipi*. Quando l'apparato è in riposo, ciascun bastoncino è mantenuto abbassato da una molla spirale, in tal caso la sommità d'ognuno di essi trovasi a livello della superficie superiore del disco I; ma non appena il telegrafista preme uno qualunque dei tasti del manipolatore, il corrispondente bastoncino d'acciaio si solleva di due o tre millimetri sulla superficie superiore del disco, come vedesi in *o''* nella fig. 184.

L'albero metallico L è diviso in due parti isolate l'una dall'altra da un dischetto d'avorio che occupa il centro del disco I; la parte superiore, che è quella visibile nella fig. 184, è in comu-

nicazione col filo della linea; la parte inferiore, racchiusa nella scatola dei bastoncini e quindi invisibile nella suddetta figura, riposa sopra un piedestallo metallico comunicante con la Terra. Alla base della parte superiore dell'albero L è fissato un braccio o *carretto* A il quale accompagna, necessariamente, l'albero L nei suoi rapidi movimenti, quindi anche il carretto compie 120 giri ad ogni minuto primo, due ad ogni minuto secondo. Il *carretto* è composto di due parti separate da lamine d'avorio; la parte superiore, mobile intorno a cerniera orizzontale, è attraversata — all'estremità più prossima ai bastoncini d'acciaio — da una vite metallica; la parte inferiore del carretto A comunica con la Terra fino a tanto che i tasti del manipolatore sono orizzontali, ossia fino a tanto che nessun bastoncino sporge dalla superficie superiore del disco I; in tal caso le due parti del carretto comunicano fra loro mercè la vite metallica, e perciò la linea telegrafica, che è in comunicazione permanente con la parte superiore del carretto B, comunica, per conseguenza, anche con la Terra; ma non appena il telegrafista, premendo un tasto, provoca l'ascensione del corrispondente bastoncino d'acciaio, questi sporge dalla superficie superiore del disco I e, tutto al più, di lì a mezzo minuto secondo, è tirato leggermente dalla parte superiore del carretto; queste — essendo mobile a cerniera — si solleva e, pur continuando a girare, sfiora la sommità del bastoncino; durante questo sollevamento della parte superiore del carretto, rimane sollevata necessariamente anche la vite e quindi cessa la comunicazione fra le due parti del carretto e perciò anche fra la linea telegrafica e la Terra. Mentre si interrompe a questo modo la comunicazione della linea colla Terra, la si stabilisce fra la linea e la pila, poichè — si è già detto — i tasti comunicano con uno dei poli della pila, quindi pel contatto stabilito fra un tasto ed il bastoncino corrispondente e fra questo e la parte superiore del carretto, il circuito elettrico si chiude e la corrente, sviluppata dalla pila, attraversa il carretto e l'albero verticale, si slancia nel filo della linea e giunge tosto alla stazione d'arrivo.

Quando il carretto ha oltrepassato il bastoncino, la sua parte superiore si abbassa di nuovo ed il contatto si trova ristabilito — grazie alla vite metallica — fra le due parti del carretto e quindi fra la linea e la Terra. Il carretto agisce

dunque come un manipolatore ordinario (fig. 176), poichè la sua parte superiore stabilisce la comunicazione della linea ora con la pila ora con la Terra a norma del bisogno.

Nel recarsi dall'albero verticale L (dell'apparato che esiste nella stazione di partenza) al filo della linea, la corrente è obbligata a percorrere le spire K (fig. 185) di due rocchetti elettro-magnetici; giunta alla stazione di arrivo la corrente elettrica penetra nella parte inferiore dell'albero verticale dell'apparato che colà si trova, e siccome il manipolatore di quest'apparato è in riposo, così assiste la comunicazione fra le due porzioni del carretto e perciò la corrente passa dalla porzione inferiore alla superiore, percorre l'albero verticale, circonda altri due rocchetti

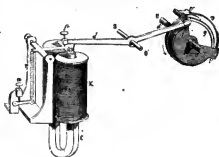


FIG. 185. ELETTRO-CALENTE, ANCORA MOBILE, LEVA AD ASSE ORIZZONTALE E DUE ROCCETTI DELL'APPARATO HUGHES.

magnetici del tutto consimili a quelli che si trovano alla stazione di partenza, e, finalmente, si scarica nella Terra.

Le elettro-calenti dell'apparato di Hughes si compongono d'una calamita a ferro di cavallo (indicata con C nella fig. 185), ciascun polo della quale è sormontato da un cilindro di ferro dolce, avviluppato dalle fitte spire dei rocchetti K. Quando l'apparecchio è in riposo, il circuito rimane aperto e quindi le spire dei rocchetti K sono inoperative; la calamita esercita regolarmente la sua influenza magnetica sui sovrastanti cilindri di ferro dolce e questi, essendo per induzione trasformati in calamite temporarie, attraggono e mantengono abbassata un'ancora di ferro dolce applicata all'estremità sinistra d'una leva girevole intorno ad asse orizzontale, l'estremità destra di queste leva tende costantemente a sollevarsi in causa d'una molla spi-

rele r la cui energia può essere aumentata o diminuita grazie alla vite regolatrice a ; quando invece il telegrafista, abbassando uno dei tasti e provocando l'ascensione del corrispondente bastoncino d'acciaio, determina la chiusura del circuito, i rocchetti K vengono percorsi da una corrente elettrica la quale agisce per induzione sui cilindri di ferro dolce in essi contenuti, e sviluppa temporaneamente, nei medesimi, un magnetismo contrario a quello dovuto al contatto della calamita, allora prevale l'azione della molla antagonista r , l'ancora n si stacca dalla calamita e si innalza per breve tratto mentre l'estremità destra si abbassa per la tensione della molla. Identico effetto si produce nel tempo stesso nei rocchetti elettro-magnetici nella stazione d'arrivo, sì in questa, come nell'altra stazione, l'ancora sollevata dalla molla va ad urtare una vite metallica p applicata all'estremità sinistra d'una leva d mobile intorno ad asse orizzontale $O O'$; grazie a quest'urto, il braccio sinistro d si solleva, il braccio destro si abbassa e determina la stampa d'una delle lettere — scolpite in rilievo sulla ruota dei tipi — sulla sottostante lista di carta. Per comprendere come ciò avvenga osserviamo anzitutto che i due assi $U U'$ sono indipendenti l'uno dall'altro; sull'asse U che è precisamente quello detto *degli eccentrici* è fissata la ruota dentata g , ora — per quanto si è già detto — quest'asse gira continuamente con moto assai rapido, grazie al già accennato movimento d'orologeria; questo movimento si trasmette per conseguenza anche alla ruota g ; ma l'asse U' — che è l'asse che determina la stampa, e che perciò dicasi *asse stampante* — al quale è fissato il nottolino c' non può ruotare se non quando questo nottolino ingrana nei denti della ruota g ; ora quando il braccio di leva d' è sollevato, esso mantiene sollevata una piccola sporgenza c'' e con essa anche il nottolino c' , per conseguenza l'asse U' non riceve alcun impulso dal movimento d'orologeria e rimane immobile sebbene l'asse U continua a girare; ma non appena il braccio di leva d' si abbassa — in seguito al sollevamento dell'ancora n — il nottolino c' , non essendo più sostenuto, obbedisce all'azione d'una molla v che lo spinge dall'alto al basso, ingrana tosto nei denti della ruota g , e, trascinato da questa, trasmette il suo movimento al settore pieno t' ed all'asse U' . Sul prolungamento di quest'asse, sono fissati quattro eccen-

trici; ad uno di questi (indicato con f nella figura 186) è affidato l'incarico di sollevare, nel momento opportuno, una rotella J che sostiene la lista di carta $M J$ (fig. 183) destinata a ricevere l'impressione dei tipi.

Quando la ruota g (fig. 185) gira nel senso indicato dalla freccia, la lamina fissa u agendo come un eccentrico, solleva il braccio d' e con esso la sporgenza c'' ed il nottolino c' , perciò dopo ciascun giro completo del settore t' , il nottolino abbandona i denti della ruota g , allora il settore t' e quindi anche l'asse U' non essendo più in comunicazione col movimento d'orologeria, ridiventano immobili, e così ogni volta che il telegrafista preme uno qualunque dei tasti, l'asse U compie un giro solo e poi si arresta. L'eccentrico u ha un secondo ufficio non meno importante del precedente: l'ancora n non potrebbe da sé sola ricondursi a contatto dell'elettro-calamita $K C$ quando cessa il passaggio della corrente nei rocchetti K , poiché alla distanza relativamente grande alla quale si trova l'ancora, rispetto ai poli dell'elettro-calamita, l'azione attrattiva che questi possono esercitare è meno energica di quella avvinziata, in opposta direzione, dalla molla r ; perciò dopo ogni emissione di corrente è necessario ricondurre meccanicamente l'ancora n a contatto dei poli dell'elettro-calamita, affinché questa possa nuovamente staccarsi con forza e sollevare la vite p ed il braccio di leva d non appena il telegrafista, toccando un secondo tasto, provocherà una nuova emissione di corrente; il secondo ufficio dell'eccentrico u consiste appunto nel ricondurre l'ancora a contatto dei poli dell'elettro-calamita. Questo movimento si effettua ad ogni rotazione del settore t' , poiché, come si è detto, l'eccentrico u — fissato su questo settore — si muove di conserva con esso e così solleva il braccio destro d' della leva $d d'$, dopo ogni giro, obbliga ad abbassarsi il braccio sinistro della stessa e quindi anche la vite p , la quale, premendo sull'ancora n , ristabilisce il desiderato contatto.

Come si è già detto il meccanismo d'orologeria, animato dalla discesa del peso P (fig. 183), determina un continuo movimento di rotazione nella ruota dentata D , la quale compie all'incirca 120 giri al minuto; l'asse orizzontale sul quale è fissata questa ruota è formato di due parti indipendenti, l'una di queste, che gira con moto continuo porta una ruota angolare che in-

grauando in una ruota consimile, applicata alla sommità dell'albero L (fig. 184), obbliga sì questi come il carretto *k* a compiere 120 giri al minuto; su questa prima parte dell'asse della ruota D è inoltre impernata altra ruota dentata che obbliga l'asse stampante U' (fig. 185 e 186) a girare con grandissima velocità (circa 800 giri al minuto). La seconda parte dell'asse della ruota D (fig. 185) porta: la ruota dei tipi E e la ruota correttrice R (fig. 186). Il legame fra le due parti dell'asse è interrotto o stabilito grazie ad un ingegnoso, ma complicato meccanismo dipendente dal bottone *n*. Premendo questo bottone si ottiene il distacco fra le due parti dell'asse; la ruota dei tipi, non essendo più in comunicazione col meccanismo d'orologeria, si arresta immediatamente

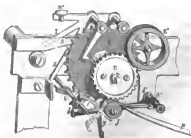


Fig. 186. ASSE DEGLI ECCENTRICI, RUOTELLA STAMPANTE, RUOTA DEI TIPI, RUOTA CORRETTRICE E BOTTONE D'ARRESTO DELL'APPARATO BUNDES.

e — per le disposizioni adottate — l'arresto della ruota dei tipi si verifica sempre in modo che il dente corrispondente al tasto bianco del manipolatore, viene precisamente a trovarsi al di sopra della rotella stampante J. Sollevando invece il bottone *n*, le due porzioni dell'asse riscono congiunte e la ruota dei tipi ricomincia a girare. Il sollevamento del bottone *n* si produce automaticamente non appena una prima corrente attraversa l'apparato.

Lateralmente alla ruota dei tipi è collocata una ruota E' (fig. 183 e 186), la quale partecipa al movimento generale impresso dal meccanismo d'orologeria; sul contorno di questa ruota E' è applicato un anello di panno intriso d'inchiostro grasso da stampa, perciò — quando la ruota dei tipi è in movimento — le singole lettere scolpite sui di lei denti vengono successivamente a lambire il contorno della ruota E', si spalmano d'in-

chiostro tipografico e possono quindi lasciare una chiara impronta sulla lista di carte M J (fig. 188) non appena questa giunge a contatto della ruota dei tipi.

Resta ora a dire in qual modo la lista di carte M J può essere sollevata al momento opportuno per andare a premere sulla ruota dei tipi e riceverne precisamente l'impronta di quella lettera cui corrisponde il tasto del manipolatore che è stato premuto dal telegrafista.

La lista di carte avvolta sopra un tamburo (simile a quello indicato con R nella fig. 178) esistente alla destra del manipolatore è portata da una rotella J, l'asse della quale è fissato sopra una leva *f' b* (fig. 186), l'estremità destra *f'* di questa leva è mobile sul perno orizzontale *b' f'*, l'estremità sinistra della stessa termina in forma di forcina il cui ramo superiore *f*, porta una punta che scivola sull'asse stampante. Ora, come si è già detto, ogniqualevolta il telegrafista preme uno dei tasti del manipolatore e lancia così una corrente nei rocchetti elettro-magnetici dell'apparato — tanto nella stazione di partenza, quanto in quella d'arrivo — le due porzioni U ed U' (fig. 185) dell'asse stampante divengono, per un istante, solidali, la porzione anteriore U' (fig. 186) descrive un'intera rivoluzione e poi si arresta; ma in questa rivoluzione dell'asse U' girano necessariamente anche i vari eccentrici sovr'esso fissati; perciò, ad ogni emissione di corrente, l'eccentrico solleva bruscamente la punta *f* della forcina e quindi anche tutta la leva *b' f'* e la rotella J; la lista di carte, leggermente premuta su questa rotella da due molle piate aventi fra loro un piccolo intervallo (un po' più grande dell'altezza delle lettere scolpite sui denti della ruota dei tipi), viene per tal modo a trovarsi a contatto della ruota dei tipi, riceve l'impronta della lettera posta di fronte, e subito dopo si abbassa. Sulla faccia posteriore della rotella J è fissata una ruota dentata la quale — grazie ad apposito eccentrico — è obbligata, dopo ogni impressione, a ruotare per lo spazio corrispondente ad uno dei suoi denti; così gira contemporaneamente e per egual tratto anche la rotella J, nel senso indicato dalla freccia *y*; grazie a tale disposizione la lista di carte aderente alla rotella, si avvanza anch'essa, della stessa quantità, non appena ha ricevuta l'impronta d'un carattere o d'un segno dalla ruota dei tipi; il tratto di cui si avvanza la lista di carte dopo ciascuna impressione riesce quindi

sempre eguale e corrisponde al piccolo spazio bianco che deve esistere fra due lettere successive d'una stessa parola. Si ottiene l'intervallo un po' più grande — necessario a rendere chiaramente manifesta la separazione fra due parole successive — premendo il tasto bianco, allora la rotella J solleva bensì la lista di carta e poi abbassandola la fa progredire verso sinistra, come se effettivamente avesse ricevuto l'impronta di una lettera, ma l'impronta non c'è poichè appunto allora lo spazio bianco della ruota dei tipi — corrispondente al tasto premuto — si è trovato in faccia alle liste di carta sollevate dalla rotella J.

La forma degli eccentrici e gli altri particolari del meccanismo sono congegnati in modo che la rotella J acquista — durante il brevissimo intervallo che dura la stampa d'ogni singola lettera — un movimento angolare presso a poco eguale a quello della ruota dei tipi e così i caratteri non s'ordinano la lista di carta, vengono stampati, per così dire, al volo e riescono netti e chiarissimi.

L'eccentrico e fissato sull'asse U' ha un ufficio importantissimo: serve a mantenere il movimento dell'apparato della stazione d'arrivo in piena armonia con quello della stazione di partenza; obbliga, cioè, la ruota dei tipi e muoverla in modo che uno dei caratteri sovra l'asse scolpiti venga sempre a trovarsi in faccia della rotella J nel preciso istante in cui si verifica il contatto fra questa e la ruota dei tipi. Ad ogni rivoluzione dell'asse U', l'eccentrico e si introduce fra i denti della ruota *correttrice* R e — quando non ci sia la richiesta concordanza — preme o spinge i denti della ruota *correttice* (1), ne rallenta od accelera il movimento, e siccome questa ruota è solidale con la ruota dei tipi così anche quest'ultima è necessariamente costretta a ritardare o ad accelerare il suo movimento, perciò la lista di carta sollevata dalla rotella J viene sempre a trovarsi in faccia ad una lettera

o ad un segno scolpito sulla ruota dei tipi e ne riceve l'impronta. Se all'incontro non si verificasse la perfetta concordanza, la lista di carta andrebbe a premere la ruota dei tipi nello spazio interposto fra due lettere o segni successivi e riceverebbe l'impronta confusa delle loro porzioni contigue.

Ora che conosciamo i particolari più importanti dell'apparato Hughes potremo finalmente renderci conto delle trasmissioni d'un dispaccio.

Immaginiamo due identici apparati collocati l'uno nella stazione di partenza, l'altro in quella d'arrivo, congiunti mercè il filo telegrafico; supponiamo che i movimenti dei due apparati sieno presso a poco concordi.

I pesi sono rimontati, l'albero verticale L ed il carretto h (fig. 184) girano con movimento non uniforme e percorrono — nelle due stazioni — la circonferenza del disco nello stesso tempo. In entrambe le stazioni la ruota dei tipi è mantenuta immobile poichè si è già precedentemente abbassato il bottone π (fig. 186), lo spazio bianco della ruota dei tipi si trova precisamente al di sopra della rotella J; gira soltanto la parte posteriore dell'asse della ruota dei tipi.

La parte anteriore U', dell'asse stampante — sulla quale sono fissati gli eccentrici — è immobile; l'altra parte, col volante ed il regolatore a lame vibrante, gira rapidamente.

Il telegrafista che vuol trasmettere incomincia dall'abbassare il primo tasto bianco. Nell'istante in cui il carretto giunge sul bastoncino corrispondente al tasto bianco, la parte mobile del carretto s'innalza e la corrente passa dal bastoncino nell'albero, traversa l'elettro-calamita e si porta sulla linea. Traversando l'elettro-calamita la corrente neutralizza, per un istante, l'azione attrattiva della calamita permanente C (fig. 185); l'ancora π , cedendo alla tensione della molla ν , solleva con forza la vite p e fa allontanare la leva d d'; allora le due parti dell'asse stampante U' U' vengono automaticamente riunite, tutti gli eccentrici fissati sulla parte anteriore U' compiono un giro e la rotella J (fig. 180) è sollevata e va a toccare la ruota dei tipi; però la carta non riceve alcuna impronta poichè in quell'istante la rotella incontra lo spazio bianco della ruota dei tipi; la rotella ricade, gira un po' intorno al proprio asse e così fa avanzare di piccola quantità, verso sinistra, la lista di carta. Nel tempo stesso uno degli eccentrici spinge il braccio Z, con-

(1) Il movimento della ruota correttice, ora innanzi ed ora indietro, esige uno sforzo relativamente grande, e produce nell'apparato assevie violente, perciò conviene cercare di evitarle, rendendo i movimenti dei due apparati ricevitori sincroni quanto più è possibile.

Per poter resistere agli urti che ricevo ad ogni istante, la ruota correttice dev'essere di acciaio temperato. L'eccentrico correttore si logora assai rapidamente e vuol essere cambiato frequentemente; perciò esso non è direttamente fissato sull'asse imprimente, si invece introdotto in una scatola speciale ed è mantenuto immobile da una vite che permette di levarlo quando è logoro e di sostituirne facilmente uno nuovo.

giunto con la leva orizzontale provveduta del bottone *n*, questa si solleva e così la ruota dei tipi incomincia a girare, questo movimento persiste fino a che non si vuole arrestarlo premendo il bottone *n*. Quando sta per cessare la rivoluzione dell'asse *U'*, l'eccentrico solleva l'estremità *d'* della leva *d d'* (fig. 185) e riconduce l'ancora *n* a contatto con l'elettro-calamita; subito dopo l'asse *U'* rimane svincolato dall'asse *U* e ridiventa immobile.

Questa prima emissione di corrente serve adunque a mettere in movimento la ruota dei tipi ed a far concordare questo movimento, in *entrambi* gli apparati, *col movimento del carrello della stazione di partenza*.

Abbassando un secondo tasto, quello, per esempio, che porta la lettera *T*, la corrente è nuovamente inviata nei rocchetti elettro-magnetici delle due stazioni — nel preciso istante in cui il carrello della stazione di partenza passa sul bastoncino corrispondente al tasto *T*. — Il passaggio di questa seconda corrente nei rocchetti elettro-magnetici determina una nuova rivoluzione dell'asse stampante *U'*, e questa produce il sollevamento della rotella *J*; ora, come si è più volte ripetuto, il movimento angolare del carrello e quello della ruota dei tipi sono, in ciascun apparato, perfettamente concordi (grazie alla perfetta eguaglianza delle due ruote d'angolo che ne regolano i movimenti), perciò nel tempo in cui il carrello passa dal bastoncino corrispondente al tasto bianco al bastoncino corrispondente alla lettera *T*, la ruota dei tipi gira d'un angolo eguale a quello percorso dal carrello; e se prima la rotella aveva incontrato lo spazio bianco, ora incontrerà necessariamente quel dente su cui è scolpita la *T*, questa si stampa sulla lista di carta sostenuta dalla rotella e subito dopo si abbassa; la ruota dei tipi continua a girare.

L'abbassamento d'un terzo tasto produce lo stesso effetto: la lettera che vi corrisponde si stampa alla sua volta, e così di seguito; terminata la trasmissione della prima parola si tocca nuovamente il tasto *bianco* il che produce il solito movimento progressivo della carta senza provocare sovr'essa alcuna impronta.

Affinchè la stessa lettera possa contemporaneamente stamparsi sulla carta nelle due stazioni corrispondenti è mestieri, come ben si comprende, che il moto di entrambi gli apparati sia perfettamente concorde, che, cioè, il carrello e la ruota

dei tipi dell'apparato della stazione d'arrivo compiano un giro preciso nel tempo in cui esso è compiuto dal carrello e dalla ruota dei tipi nella stazione di partenza.

Se *c'* è una piccola differenza, l'eccentrico *e* (fig. 186) si impegna fra i denti della ruota corretrice *R* ed obbliga la ruota dei tipi ad avanzare od a retrocedere in modo da ricondurre, in faccia alla rotella stampante, la lettera corrispondente al tasto abbassato nella stazione di partenza.

Se invece la differenza fra i due movimenti fosse tale che nell'intervallo del passaggio dal bianco alla lettera che si vuol trasmettere — supponiamo sia la *T* — la ruota dei tipi fosse avanzata o ritardata nella stazione di arrivo d'una quantità superiore alla metà dello spazio che separa due lettere consecutive, cioè un cinquantaseiesimo di giro, l'eccentrico s'impegno fra i due denti precedenti o seguenti della ruota corretrice, e non sarebbe più la lettera *T* che si stamperebbe, ma la lettera *S* o la lettera *U*; converrebbe quindi regolare l'apparato.

Quest'importante operazione si eseguisce con tutta facilità: scambiando un segnale concertato, uno dei due corrispondenti avverte l'altro che il suo apparato ha bisogno d'essere regolato; allora l'uno dei due dispone l'apparato in modo che il carrello e quindi anche la ruota dei tipi facciano, ad esempio, circa 120 giri al minuto, poscia ad ogni successiva rotazione del carrello ei preme, ad esempio, il tasto *A*. Se, come si è supposto, la velocità dei due apparati non è la stessa, mentre il carrello e la ruota dei tipi della stazione di partenza eseguiscano un giro completo, gli organi consimili nella stazione d'arrivo faranno un po' più o un po' meno d'un giro; per conseguenza, la lista di carta che si va svolgendo nella stazione d'arrivo non riceverà tante volte l'impronta della lettera *A*, quante sono le correnti lanciate nella linea dalla stazione di partenza, premendo ripetutamente il tasto *A*, essa riceverà invece successivamente: nel primo caso, le impronte *B*, *C*, *D*, ecc., nel secondo caso la lista di carta riceverà, *bianco*, *Z*, *Y*, *X*, ecc. Nel primo caso l'impiiegato riconosce che il suo apparato corre più di quello dell'altra stazione, e vi rimedia allontanando gradatamente il cursore dall'estremità fissa della lamina vibrante fino a che vede riprodursi sempre una stessa lettera; nel secondo caso ei comprende che il moto del

suo apparato è troppo lento e lo accelera avvicinando il cursore all'estremità fissa della lamina vibrante. Dopo pochi tentativi e senza mai arrestare il movimento, si riesce ad ottenere costantemente la stessa lettera ad ogni giro della ruota dei tipi.

Quanto più il sincronismo è regolato, tanto meglio funzionano gli apparati: v'ha minore probabilità di disaccordo e l'asse stampante incontra minore resistenza poichè l'eccentrico e sovr'esso fissato non è costretto nè ad affrettare, nè a rallentare il movimento della ruota correttiva. Quando il sincronismo è stabilito la stazione d'arrivo ne informa l'altra inviando un segnale convenuto, preme il bottone *n* per mettere al bianco la ruota dei tipi e quindi s'incomincia la trasmissione.

Non occorre regolare nuovamente l'apparato fino a che uno dei corrispondenti non riconosca che desso non cammina più regolarmente; in generale, cammina bene per molto tempo (per più d'un mese). Infatti quando non si altera la posizione del cursore, nè si vuol cangiare la velocità dell'apparato, il sincronismo non può essere alterato che dal logoramento dei pezzi.

Se, ad un dato momento, l'impiegato che riceve il dispaccio vuol interrompere, egli invia la corrente abbassando uno o più tasti; le lettere che in tal caso vengono stampate dalla ruota dei tipi non sono quelle corrispondenti ai tasti abbassati, poichè il carrello della stazione rice-

vente non è d'accordo colle due ruote dei tipi (le quali, giova ripeterlo, si muovono entrambe in piena armonia col carrello della stazione di partenza), tuttavia l'impiegato che trovasi all'altra stazione è avvertito dell'interruzione poichè vede comparire, sulla lista di carta, segni estranei; ei sospende allora l'incominciata trasmissione. Subito dopo, in entrambe le stazioni, si abbassa a mano il bottone *n*, per arrestare le ruote dei tipi, dopo di che la trasmissione può riprendere il suo corso (1), ed è sempre preceduta dall'abbassamento del primo tasto bianco. Questa manovra dell'invio del segno bianco dopo la fermata della ruota dei tipi deve precedere ogni trasmissione.

L'apparato fin qui descritto non può riprodurre nè le cifre, nè i segni di punteggiatura; si poteva supplire con convenzioni particolari, dando cioè un secondo significato alle lettere; ma allora il dispaccio non poteva essere immediatamente interpretato anche dai profani, sarebbe stato necessario tradurlo e trascriverlo come è il caso dei dispacci trasmessi col sistema Morse e quindi si ricadeva in uno degli inconvenienti che volevansi evitare. Era dunque utile poter far stampare direttamente dall'apparato, tutti i segni che possono incontrarsi in un dispaccio.

Sarebbe stato possibile giungere a questo risultato aumentando il numero dei tasti e dei bastoncini d'acciaio, e quindi anche le divisioni

(1) Per riconoscere quale sia la velocità massima di trasmissione, ossia quale sia il massimo numero di impronte che possono essere provocate sulla lista di carta, in un tempo determinato, facendo uso dell'apparato di Hughes, convien riflettere che anche lanciando una corrente nei reccetti elettro-magnetici dei due apparati corrispondenti, mentre l'asse degli eccentrici o l'asse stampante sono già in movimento, essa non potrebbe produrre alcun effetto. — Le correnti successive inviate durante una trasmissione, devono dunque succedersi ad intervalli almeno eguali a quello della durata di una intera rivoluzione dell'asse stampante. Ora, negli apparati in uso al presente, l'asse stampante fa sette giri mentre il carrello o la ruota dei tipi ne fanno uno, perciò ad ogni rivoluzione dell'asse stampante, il carrello percorre un settimo di giro dell'intero disco; e siccome i bastoncini sono 28 così mentre l'asse stampante compie un'intera rivoluzione il carrello passa da un bastoncino al quarto seguente. Aggiungasi poi che è pur necessaria una formata — sebbene brevissima — pel disimpegno dell'asse stampante. Ecco dunque che i tasti che possono essere successivamente ed utilmente abbassati devono essere separati da un intervallo di quattro tasti almeno. Così se dopo aver trasmessa la lettera A, si abbassassero immediatamente i tasti B, C, D ed E, le lettere corrispondenti non verrebbero stampate sulla carta. La prima lettera che si può trasmettere dopo A è F, dopo la F è K, e così di seguito.

Se dopo la lettera A si dovesse trasmettere B, C, D ed E, bisognerebbe aspettare che il carrello avesse oltrepassato queste lettere affin-

chè il controllo fra il corrispondente bastoncino ed il carrello abbia effetto solo nel giro seguente.

Per conseguenza la trasmissione d'una data parola richiede necessariamente un numero minimo di giri del carrello.

Per esempio la parola *telegrafo* richiede non meno di sette giri:

nel 1. ^o giro si trasmette	<i>t</i>	nel 4. ^o giro si trasmette	<i>g, r</i>
• 2. ^o	• <i>c, i</i>	• 5. ^o	• <i>a, f</i>
• 3. ^o	• <i>e</i>	• 6. ^o	• <i>i</i>

nel 7.^o giro si trasmette *a*.

La parola *Paris* esigerebbe tre giri, *Dintz* si trasmetterebbe in un sol giro.

L'abilità dell'impiegato consiste nel non lasciar mai passare il carrello senza trasmettere una nuova lettera, per quanto sia possibile. Se, per esempio, nell'inviare la parola *telegrafo*, dopo aver abbassato il tasto *g*, non abbassasse immediatamente il tasto *r*, o non potrebbe abbassarlo che al giro seguente. Non solamente vi sarebbe perdita di tempo, ma anche l'apparato funzionerebbe meno bene poichè i due movimenti non sono mai perfettamente isocroni.

Le leggere differenze di movimento, insensibili per una frazione di giro, si accumulano, e la loro somma, che rappresenta il deviatore di posizione delle due ruote dei tipi, è altrettanto maggiore quanto più lungo è il tempo che passa fra due impronte successive. L'eccentrico correttore che riabilita l'accordo prova

della ruota dei tipi; tale soluzione avrebbe però cangiato tutte le condizioni dell'istrumento e notabilmente diminuita la velocità di trasmissione.

Il prof. Hughes risolvette felicemente anche questo difficile problema, ideando un'ingegnosa disposizione che permette di imprimere un breve movimento angolare alla ruota dei tipi, la quale non è invariabilmente legata alla ruota correttoria, ma è ad essa congiunta in modo che questa non può muoversi senza provocare il movimento dell'altra, mentre la ruota dei tipi può muoversi anche indipendentemente dalla ruota correttoria.

Il numero dei tasti e dei bacellini d'acciaio del manipolatore e quello dei denti della ruota correttoria, non è cangiato, ma la ruota dei tipi in luogo di 28 divisioni ne contiene 56; le divisioni d'ordine pari portano le lettere, le divisioni d'or-

dine dispari portano le cifre ed i segni diversi nell'ordine con cui si succedono alla tastiera (fig. 187) del manipolatore applicato ai nuovi apparati. Perciò sulla ruota dei tipi si accorge, dopo

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	.	+	-	x	/	=
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	.	+	-	x	/	=
Z	Y	X	E		V	U	T	S	R	Q	P	0			

Fig. 187. TASTIERA DELL'APPARATO HUGHES PERFEZIONATO.

ciascuna lettera, quella cifra o quel segno che sta scritto sul medesimo tasto; la nuova ruota dei tipi presenta quindi, ordinatamente, le indicazioni seguenti:

A I B 2 C 3 D 4 E 5 F 6 G 7 H 8 I 9 J 0 K . L , M ; N : O P I Q X R + S - T U V = È (X) Y & Z .

Ora la ruota dei tipi compie, ad ogni movimento, un ventottesimo di giro; perciò, se la lista di carta collocata sulla rotella stampante incomincia coll'incontrare una divisione pari, essa — ad ogni successiva trasmissione — continuerà sempre ad incontrare divisioni pari, e quindi riceverà l'impronta di lettere; se invece la ruota dei tipi è fin dapprimo spostata d'un cinquantaseiesimo di giro, la lista di carta — ad ogni emissione di corrente — incontrerà successivamente

dueque resistenza tanto maggiore quanto più grandi sono gli intervalli con cui si succedono le impronte, e produce scosse nocive che concorrono a logorare le diverse parti dell'apparato.

Lasciando passare diversi giri senza trasmettere, la deviazione delle due ruote dei tipi potrebbe oltrepassare la metà dello spazio che separa due lettere; per conseguenza non si stamperebbe la lettera trasmessa dal tasto, ma invece si stamperebbe la precedente o la susseguente.

Per la stessa ragione, allorché la trasmissione dev'essere sospesa per alcuni istanti, qualunque cosa esserne la causa, importa, per conservare l'accordo dei due apparati, non interrompere l'invio della corrente, ma affinché non si riproducano segnali estranei, si abbassa il tasto bianco ad ogni giro del carrello.

Trascurando questa precauzione è necessario fermare le due ruote dei tipi per ristabilire l'accordo prima di continuare la trasmissione, il che esige un ritardo. Il cambiamento d'ordine nella trasmissione richiede pure una correzione e capta una perdita di tempo; perciò si fa il possibile per renderlo meno frequente, passando una serie di disaccoppi, dieci o quindici, per esempio, di seguito, nello stesso senso.

Nella pratica la velocità del carrello è la generale di circa 120 giri al minuto; con questo dato si può facilmente calcolare la velocità media di trasmissione, ossia il numero di parole che si può inviare in un dato periodo di tempo.

Si è veduto che ogni lettera deve essere separata dalla prece-

de le divisioni d'ordine dispari, e perciò andrà successivamente coprendosi di cifre e di segni fino a tanto che la ruota dei tipi non verrà ricondotta alla sua posizione primitiva, obbligandola nuovamente a fare un cinquantaseiesimo di giro.

Il meccanismo è congegnato in modo che questo piccolo spostamento della ruota dei tipi succede inevitabilmente toccando l'uno o l'altro dei due tasti bianchi visibili presso ai tasti neri A ed F: ciascuno di questi tasti corrisponde, sulla ruota

dente da un intervallo non minore di quattro tasti, perciò dopo aver trasmessa una lettera, la seguente non potrà esser che la 5.^a (poiché $4 + 1 \equiv 5$); o la 6.^a (poiché $4 + 2 \equiv 6$),... o finalmente la 32.^a (poiché $4 + 28 \equiv 32$).

Siccome non è possibile prevedere in quel ordine si susseguiranno le lettere costituenti il dispaccio da trasmettere, così per dare una base al nostro ragionamento, supponiamo che le lettere si seguano con le medie degli intervalli che separano due lettere consecutive

ossia ad intervalli di $\frac{5+32}{2} \equiv 18,5$. Perciò durante un giro completo del carrello si può, in media, trasmettere più d'una lettera e meno di due, più precisamente $\frac{28}{18,5}$ ossia 1,51, e siccome per ogni

minuto si fanno 120 giri del carrello, così in questo spazio di tempo si potranno in media trasmettere $120 \times 1,51 \equiv 181$ lettere. Se la velocità di rotazione del carrello fosse di 150 giri, si potrebbero, in media, trasmettere $150 \times 1,51 \equiv 226$ lettere; se fosse di cento giri si trasmetterebbero $100 \times 1,51 \equiv 151$ lettere.

Ora ogni parola si compone del medio di sei segni distinti, 5 lettere ed uno spazio bianco; si giunge dunque, in base al calcolo precedente, ad una media di 36 parole al minuto, per una velocità di 120 giri; di 36 parole per una velocità di 150 giri; di 25 parole per la velocità di 100 giri. La velocità di 36 parole è facilmente raggiunta dagli impiegati esercitati.

dei tipi, ad uno spazio vuoto; premendo il primo di quei due tasti — detto *bianco delle lettere* — la ruota dei tipi si dispone in modo da stampar lettere sulla lista di carta, premendo l'altro tasto — detto *bianco delle cifre* — la ruota dei tipi fa un cinquantaseiesimo di giro e quindi la lista di carta riceve esclusivamente l'impronta di cifre o segni. Siccome poi quando l'apparato non fun-

ziona, la ruota dei tipi dev'essere in riposo, e siccome d'altronde per metterla in movimento convien sempre incominciare dall'abbassare il primo tasto bianco, ossia il *bianco delle lettere*, così anche volendo incominciare una trasmissione di sole cifre bisogna tuttavia premere tutti e due i tasti bianchi incominciando dal primo.

VIII.

TELEGRAFO A QUADRANTE.

Manipolatore e commutatori. — Ricevitore. — Movimento intermittente delle due ruote dentate provocato dalle successive chiusure ed interruzioni del circuito. — Pregi e difetti del telegrafo a quadrante. — Il segnale d'attenzione.

Il fisico inglese Wheatstone, perfezionando successivamente il suo telegrafo ad aghi (fig. 167), pel quale, come si è già detto, si richiedono due fili e due aghi, riesci fino dal 1840 a costruire un telegrafo elettro-magnetico, nel quale un filo solo trasmette (come negli apparati di Morse e di Hughes) la corrente elettrica dall'una all'altra stazione e guida un ago, scorrevole sopra un quadrante come gl'indici d'un orologio; quest'indice può successivamente arrestarsi in un punto qualunque del quadrante, sul cui contorno sono scritte ordinatamente le lettere dell'alfabeto. L'arrestarsi dell'indice, denota precisamente la lettera che si volle trasmettere. Questo telegrafo ad un solo ago ricevette poscia, particolarmente per opera del valente meccanico francese Bréguet non pochi miglioramenti, grazie ai quali ottenne molto favore specialmente presso le amministrazioni ferroviarie di Francia.

Il *manipolatore* del telegrafo a quadrante — rappresentato nella sua massima semplicità dalla fig. 188 — si compone d'un disco orizzontale di ottone E, girevole, mercè un manubrio M, intorno al proprio centro. Nella faccia inferiore di questo disco è praticata una scanalatura sinuosa, indicata in linee punteggiate sulla figura; l'intera scanalatura si compone di tredici sporgenze ed altrettante rientranze alternate. Presso al disco E è piantata orizzontalmente una leva metallica OG, mobile intorno al perno O; uno dei due bracci di questa leva porta un piuolo o martello *a* che si introduce nella scanalatura del disco E, l'altro braccio di leva è provveduto di una molla d'acciaio che può compiere brevi oscillazioni fra le punte affacciate ed alcun poco

distanti l'una dall'altra, di due viti metalliche *pp'*. Ciò posto è chiaro che, impugnando il manubrio M e facendo quindi girare il disco E, il martello *a* seguirà necessariamente le sporgenze e le rientranze della scanalatura, farà oscillare la leva OG e quindi anche la molla d'acciaio; questa giungerà a contatto della punta della vite *p* quando il martello *a* sarà impegnato nel punto di mezzo di una delle tredici rientranze; oscillerà invece verso *p'* e toccherà la punta di questa vite quando il martello *a* sarà nel mezzo di una delle tredici sporgenze.



Fig. 188. MANIPOLATORE DEL TELEGRAFO A QUADRANTE (figura teorica).

Volendo trasmettere una corrente con questo manipolatore, si mette il disco in comunicazione col filo della linea telegrafica ed il polo positivo della pila con la vite *p'*; ecco dunque che ogniqualvolta la molla d'acciaio sarà in comunicazione con la vite *p'* — il che avviene, come si è già detto, quando il martello *a* si trova nel punto di mezzo d'una delle tredici sporgenze della scanalatura — la corrente passerà dalla pila nella molla d'acciaio e quindi nella leva OG; nel martello *a*, nel disco E, nella linea telegrafica, la corrente risulterà invece interrotta ogni qual volta il martello *a* sarà impegnato nel punto

di mezzo d'una delle tredici rientranze. — Un disco P alquanto più ampio del disco E è sovrapposto a quest'ultimo, però in modo del tutto indipendente, poichè il disco P rimane costantemente immobile anche quando il telegrafista — girando il manubrio M — fa ruotare intorno al centro, il sottostante disco E. Sul disco P sono disegnate ordinatamente le lettere dell'alfabeto ed una croce $\times$, concentricamente a queste sonvi i primi 25 numeri naturali ed una croce che viene a trovarsi in faccia alla precedente; il contorno convesso del disco P presenta 26 incavi semicilindrici, ciascuno di questi corrisponde al punto di mezzo dello spazio occupato sul disco da ciascuna delle 25 lettere e dal segno $\times$, ciascuno dei quali alla sua volta corrisponde al punto di mezzo delle 26 sinuosità presentate dalla scanalatura praticata nel disco E. Un bastoncino metallico, di forma cilindrica, sporge dalla faccia inferiore del manubrio M e penetra nell'uno o nell'altro di quegli incavi a seconda che il manubrio copre l'uno o l'altro dei 26 segni tracciati circolarmente sul disco P; per facilitare la lettura di questi segni si può aprire un foro nella materia del manubrio e così si riconosce a colpo d'occhio su qual segno è arrestato; così, ad esempio, nel manipolatore rappresentato dalle fig. 188 e 189 il manubrio coincide col segno $\times$ e quindi il bastoncino metallico applicato alla sua faccia inferiore penetra nell'incavo cilindrico corrispondente a questo segno.

La fig. 189 rappresenta il manipolatore a quadrante co'suoi accessori; come ben si comprende il disco superiore dev'essere completo, nella figura se ne ommise una piccola porzione a sinistra per lasciar scorgere il disco sottostante nel quale è praticata la scanalatura sinuosa. Le due leve a gomito N, N' — provvedute di impugnature di isolanti — girevoli entrambe intorno a perno verticale, collocato l'una a sinistra, l'altra a destra del quadrante, dette *commutatori*, comunicano metallicamente — mercè il perno ed un filo metallico che da questo si diparte — l'una col filo della linea telegrafica a sinistra, l'altra con quello della linea telegrafica a destra (poichè, in generale, una stazione telegrafica trovasi intermedia fra altre due). Quanto diremo per uno dei due commutatori vale egualmente per l'altro.

Consideriamo, ad esempio, il commutatore di sinistra N; nella posizione indicata dalla figura

esso si trova a contatto del bottone metallico S, muovendo l'impugnatura N verso destra o verso sinistra, l'altra estremità del commutatore viene rispettivamente a trovarsi a contatto del bottone metallico L o del pezzo r.

Quando l'apparato è in riposo, il commutatore dev'essere a contatto del bottone metallico S, questi è in comunicazione metallica con una *suaoneria* o *segnale d'allarme*, così quando una corrente è lanciata dalla stazione contigua a sinistra, giunge — pel filo della linea — nel perno del commutatore, passa nel bottone S, e quindi fa vibrare il segnale d'allarme; l'impiegato è per tal modo avvertito che la contigua stazione a sinistra sta per trasmettergli un dispaccio. El si dispone quindi a riceverlo; a tal fine el spinge

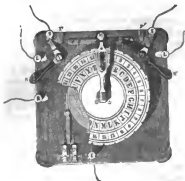


Fig. 189. MANIPOLATORE DEL TELEGRAFO A QUADRANTE.

il manubrio N verso sinistra, perciò l'altro estremo del commutatore giunge a contatto del pezzo r il quale comunica col disco metallico del manipolatore e quindi con la leva O G. Ora l'apparato è costruito in guisa che nella posizione di riposo del manubrio M, ossia in quella corrispondente al segno $\times$ come è appunto il caso rappresentato dalla fig. 189, l'estremità libera della leva G O è in contatto con la punta della vite p, questa comunica costantemente col bottone metallico R nel quale è fermato un filo che mette capo alla macchina ricevente della stazione; dunque se il commutatore è posto a contatto del pezzo r, la corrente della linea giunge — per R — nella macchina ricevente. — Il commutatore dovrà rimanere a contatto del pezzo r anche quando si vorrà spedire un dispaccio alla

stazione contigua a sinistra; poichè, facendo ruotare il manubrio M, l'estremità libera della leva GO toccherà alternatamente la punta della vite *r*, la quale — come si è già detto — è congiunta

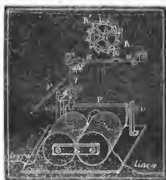


Fig. 190. RICEVITORE DEL TELEGAFO A QUADRANTE (figura teorica).

col polo positivo della pila; perciò la corrente passerà, ad intervalli, dalla leva GO al disco, da questo al pezzo *r*, dal pezzo *r* al commutatore e

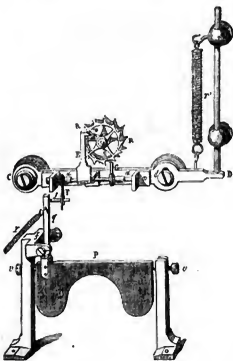


Fig. 191. PARTICOLARI DEL RICEVITORE A QUADRANTE.

finalmente dal commutatore alla linea ed alla contigua stazione a sinistra. Quanto dicesi pel commutatore di sinistra vale analogamente per quello di destra; volendo poi stabilire una comunicazione diretta fra la stazione di destra a quella

di sinistra, si fanno ruotare le impugnature N ed N' in guisa che le estremità libere dei commutatori vengano rispettivamente a toccare i due estremi C, D d'una verghetta metallica CD fissata immobilmemente, con sostanza isolante, sul tavolo del manipolatore; con tale disposizione la corrente, che giunge — ad esempio — dalla stazione di sinistra, entra nel commutatore N, attraversa la verghetta CD, passa nel commutatore N', poi nel rispettivo filo telegrafico e quindi nella stazione di destra, senza punto comunicare colla macchina ricevente della stazione intermedia.

Ricollochiamo il commutatore N' a contatto col pezzo *r* o, in altri termini, poniamo la nostra



Fig. 192. RICEVITORE DEL TELEGAFO A QUADRANTE (aspetto esterno).

macchina ricevente o *ricevitore* in condizione da accogliere un dispaccio dalla stazione contigua a sinistra. Esaminiamo anzitutto questo ricevitore che nella sua forma più semplice è rappresentato dalla fig. 190; la fig. 192 ne rappresenta l'aspetto esterno, e la fig. 191 indica in maggiori proporzioni i particolari del meccanismo nel quale i singoli organi sono indicati con le stesse lettere impiegate nella fig. 190. Due ruote dentate R, R', parallele, fissate entrambe sopra uno stesso albero orizzontale, eseguiscano movimenti eguali a quelli del manubrio M (fig. 189) del manipolatore; un'estremità dell'albero delle due ruote R R', sporge alcun poco sul quadrante del ricevitore (fig. 192); un indice fissato sull'estremità esterna di quest'albero rivela quindi sul quadrante i movimenti delle ruote R R'. Ciascuna di queste contiene 13 denti; esse sono fissate sull'albero orizzontale in maniera che i denti

dell'una alternano con quelli dell'altra, e così fra due denti successivi — del sistema formato dall'unione delle due ruote R, R' — vi ha sempre un intervallo eguale ad un ventiseiesimo di circonferenza. L'albero delle due ruote R, R' è in comunicazione con un meccanismo d'orologeria — invisibile nella nostra figura — che tende ad imprimergli un moto rotatorio continuo ed uniforme. Inferiormente alle due ruote R, R' è collocato un albero orizzontale *a a*; ciascuna delle sue estremità è appoggiata sopra un cuscinetto concavo e così, pur rimanendo sempre nella stessa posizione, l'albero *a a* può oscillare intorno al proprio asse; su quest'albero è fissata una piccola appendice *G* la quale, necessariamente, accompagna l'albero nel suo movimento oscillatorio; ora quest'appendice è disposta in modo che oscillando, ora da un lato, ora dall'altro, si intromette alternatamente fra due denti successivi ora della ruota R, ora della ruota R', ed arresta quindi, per un istante, ora l'una, ora l'altra, di queste due ruote; ma dall'istante in cui l'appendice *G*, continuando ad oscillare, abbandona il dente d'una ruota fino all'istante in cui il dente della ruota contigua viene toccato dall'appendice *G*, il sistema delle due ruote, obbedendo all'impulso del meccanismo d'orologeria, compie un piccolo movimento rotatorio e precisamente un ventiseiesimo di giro. L'indice fissato, come abbiamo detto, sull'albero delle due ruote R, R', destinato a rivelarne i movimenti sul quadrante (fig. 192), si muove anch'esso d'un ventiseiesimo di giro e passa quindi da una lettera o segno alla prossima successiva.

Tutto va bene, esclamerà forse qualche impaziente lettore, ma come poi si ottiene il movimento oscillatorio dell'appendice *G*, fissata sull'albero *a a*? Rispondiamo tosto: all'estremità sinistra di quest'albero è fissata una forchetta *F* posta a cavalcioni d'una verghetta orizzontale *g* piantata ad angolo retto sulla sommità d'un'asta *q*, questa poi è sostenuta da una lastra *P* di ferro dolce, mobile intorno ad asse orizzontale passante pei centri delle due viti *v v*. La lastra *P*, come si scorge nella fig. 190 è collocata in faccia ai poli di due rocchetti elettro-magnetici *E*; i due capi del filo costituente questi due rocchetti comunicano l'uno con la linea telegrafica, l'altro con la Terra. La molla spirale *r* riconduce la lastra *P* in posizione verticale, non appena i rocchetti cessano d'essere percorsi dalla corrente elettrica,

ossia quando perdono la loro virtù magnetica; la lastra *P* si trova quindi in condizione analoga all'ancora *A* della fig. 141.

La fig. 193 varrà a meglio chiarire la disposizione e l'ufficio dell'appendice *G*, della forchetta *F* e della verghetta *g*.

Ciò premesso saremo in grado di comprendere come possano essere trasmessi e ricevuti i dispaaci col mezzo del telegrafo a quadrante. Finché l'apparato è in riposo, tanto il manubrio *M* del manipolatore (fig. 189) quanto l'indice del ricevitore sono fermi entrambi in faccia al segno *X*; fino a che sussiste questa posizione, non vi può essere trasmissione di corrente fra le due stazioni, perciò i rocchetti *E* del ricevitore (figura 190) non sono percorsi dalla corrente e

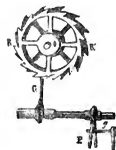


Fig. 193. PARTICOLARI DELL'INTERUTTORE.

quindi non sono in grado di esercitare forza attrattiva sulla lastra di ferro dolce *P*; questa obbedisce all'azione della molla *r*, e perciò rimane verticale. Fino a tanto che la lastra *P* rimane verticale, la verghetta *g* mantiene immobile la forchetta *F* e quindi anche l'albero *a a* e l'appendice *G*; questa contrasta con uno dei denti della ruota dentata *R* e la rende immobile. So allora, impugnato il manubrio del manipolatore, lo portiamo in faccia alla lettera *A*, la corrente passa tosto nei rocchetti *e*, trasformandoli in calamite temporarie, attrae il pezzo di ferro dolce *P*, l'asta *q* indietreggia e per conseguenza la verghetta *g* fa oscillare la forchetta *F* il che obbliga l'albero *a a* ad oscillare intorno al proprio asse, quest'oscillazione si comunica all'appendice *G* che perciò abbandona il dente della ruota *R* e va ad impegnarsi nel dente contiguo della ruota *R'*. Mentre l'appendice *G* abbandona la prima ruota e va ad impegnarsi nella seconda, l'azione del meccanismo d'orologeria non è punto contrastata, perciò in quel periodo di tempo — che pure è brevissimo — il sistema delle due ruote dentate *R, R'* e quindi

tanto l'albero sul quale sono fissate queste l'indice ad esso applicato avranno fatto un ventiseiesimo di giro; l'indice che prima corrispondeva al segno $\times$ sarà ora in faccia alla lettera A. E siccome la corrente lanciata nei rocchetti si trasmette poi nella linea telegrafica e giunge nello stesso istante nei rocchetti della stazione corrispondente, così anche questi divengono temporaneamente magnetici, attraggono la lastra P; gli identici movimenti che si effettuano alla stazione di partenza si riproducono nella stazione d'arrivo, perciò anche nel ricevitore della stazione d'arrivo l'indice si arresta sul quadrante in faccia alla lettera A.

Se invece di portare il manubrio del manipolatore in faccia alla lettera A, lo si porta in faccia alla lettera B, si ha dapprima un passaggio di corrente, poscia un' interruzione; la lastra P è per un istante (precisamente nell'istante in cui il manubrio, passando dal segno $\times$ al segno B, passa sul segno intermedio A) attratta dai rocchetti; ma quando il manubrio corrisponde al segno B, la corrente è interrotta, i rocchetti non hanno più alcun potere attrattivo e la lastra P, obbedendo all'azione della molla r, ritorna verticale; essa oscilla quindi due volte cioè tanto quando fu attratta quanto — di lì ad un istante — quando fu abbandonata dai rocchetti, perciò anche l'asta g, la verghetta g, la forchetta F, l'albero aa e l'appendice G dovettero oscillare due volte; in ciascuna di queste due oscillazioni, il sistema delle ruote dentate si trovò per un istante libero ne' suoi movimenti, obbedì quindi al meccanismo d'orologeria e si avanzò in ciascuna di esse, d'un ventiseiesimo di giro, perciò le due oscillazioni avranno permesso, alle due ruote, di compiere due ventiseiesimi di giro, e tanto nella stazione di partenza quanto in quella d'arrivo l'indice del ricevitore si sarà arrestato sulla lettera B. — Con analogo ragionamento si riconoscerebbe che portando il manubrio del manipolatore dal segno $\times$ al segno C, la lastra di ferro dolce oscillerebbe tre volte, le ruote dentate R, R' progredirebbero di tre ventiseiesimi di giro, l'indice d'entrambi i ricevitori si arresterebbe in faccia alla lettera C; per la lettera D si avrebbero quattro oscillazioni, per in E cinque e così via; ad ogni modo l'indice di ciascun ricevitore si arresta sempre in faccia alla lettera sulla quale il telegrafista della stazione di partenza lascia immobile il manipolatore. Ciò posto

è chiaro che per trasmettere un dispaccio basta portare successivamente il manipolatore in faccia alle singole lettere di cui esso si compone, lasciandolo immobile su ciascuna di esse solo per un brevissimo istante, tanto da lasciar tempo al telegrafista, che si trova all'altra stazione, di osservare su quali lettere vi successivamente ad arrestarsi l'indice del ricevitore sul suo quadrante. Per rendere più chiara l'interpretazione del dispaccio si usa, dopo ciascuna parola, fermare il manubrio sul segno $\times$. Nel far girare il manubrio del manipolatore convien sempre muoverlo nella stessa direzione, cioè seguendo l'ordine alfabetico delle lettere; facendolo girare in senso contrario, ossia facendolo retrocedere, la trasmissione riuscirebbe erronea, le lettere trasmesse non sarebbero d'accordo con le lettere ricevute, poichè il movimento dell'indice del ricevitore dipende esclusivamente dal meccanismo d'orologeria, il quale agisce costantemente nella medesima direzione; perciò anche muovendo il manubrio in senso contrario, l'indice progredirebbe pur sempre secondo l'ordine alfabetico delle lettere (avanzerebbe di tanti ventiseiesimi di giro quanti sarebbero i ventiseiesimi dei quali avrebbe indietreggiato il manubrio). Per ristabilire l'ordine fa dopo: da una parte riportare il manubrio sul segno $\times$, dall'altra far tornare anche l'indice sul segno $\times$, scopo che si raggiunge premendo il bottone I (fig. 192) collocato sul ricevitore (1).

Se il dispaccio contiene cifre numeriche, il telegrafista ne avverte il suo corrispondente fermandosi due volte sul segno $\times$, e così le momentanee fermate dell'indice in faccia, ad esempio,

(1) L'albero a (fig. 191) è fissato sul braccio CD d'una leva orizzontale giacente intorno al perno C, una molla spirale r' mantiene la leva CD a quindi l'albero a in posizione conveniente affinché il ricevitore funzioni come si è già detto, appoggiando il dito sul bottone I (fig. 192) l'estremità G (fig. 191) della leva CD si abbassa, allora l'appendice G non è più alta ad arrestare i denti della ruota R, R'; ora l'abbassamento dell'estremità D della leva CD produce il movimento d'una leva a gonfio E la cui sommità si inclina verso il centro della ruota R sul fianco della quale è disegnata una piccola sporgenza; la ruota R gira per l'impulso del meccanismo d'orologeria; ma prima ancora d'aver compiuto un intero giro è arrestata dalla leva a gonfio E che penetra in quella sporgenza. Le cose sono disposte in modo che l'arresto della ruota R si verifica quando l'indice segna la lettera Z, l'appendice G viene allora a trovarsi fra due denti della ruota R. Ecco dunque che abbassando il bottone I (fig. 192), la molla r' riacquista il predominio e solleva l'estremità D della leva CD, nel frattempo la ruota R può compiere solo un ventiseiesimo di giro ma subito dopo è arrestata dall'appendice G, l'indice progredisce soltanto d'un ventiseiesimo di giro e poi si arresta, e siccome prima segnava la Z così ora si arresta sul segno Z.

alle lettere B, G, S verranno interpretate per 2, 7, 19.

Quando nel corso della trasmissione i segnali divengono inintelligibili, colui che riceve fa un giro di manubrio per informarne il corrispondente, e si ferma un istante per far ritornare sul segno $\times$ l'indice del suo ricevitore; ciò è fatto contemporaneamente anche nell'altra stazione. Subito dopo ei trasmette un segnale di convenzione, che significa *ripetete*, seguito dall'ultima parola chiaramente compresa, ricolloca il manubrio e quindi anche l'indice del suo apparato sul segno $\times$ ed attende la ripetizione richiesta ed il proseguimento del dispaccio.

Volendo corrispondere con una stazione più

lontana dell'ordinaria, si domanda la *comunicazione diretta* con un giro di manubrio, seguito dal nome della stazione che si vuole. L'impiegato a cui è indirizzata questa domanda risponde con un segno convenzionale che significa *inteso*, allora ei fa ruotare le impugnature dei due commutatori N, N' (fig. 189) in modo che le estremità libere dei medesimi giungano a contatto della piastra metallica CD; le stazioni seguenti avvertite nello stesso modo, fanno la stessa operazione che si ripete così fino alla stazione richiesta. Allora fra le due stazioni che devono corrispondere sussiste una comunicazione metallica continua ed isolata come se un unico filo le congiungesse. Beninteso che, fino a tanto che sussiste

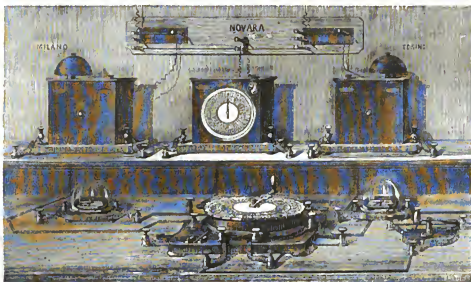


Fig. 191. STAZIONE TELEGRAFICA. (Sistema a quadruple).

la comunicazione diretta, le singole stazioni intermedie devono necessariamente rimanere inoperative.

Un solo manipolatore ed una sola macchina sono sufficienti per corrispondere successivamente con due stazioni differenti, purché vi sieno (come è appunto il caso rappresentato dalla fig. 194) due suonerie in comunicazione l'una col bottone S (fig. 189) congiunto coll'apparato di sinistra, l'altra col bottone S' congiunto coll'apparato di destra. Nella posizione di riposo i commutatori N, N' occupano la posizione indicata dalla figura 189, e così le due suonerie trovansi in comunicazione l'una con la linea telegrafica di sinistra, l'altra con la linea telegrafica di destra. Ciò posto riesce chiaro che l'impiegato d'una stazione intermedia,

per esempio *Novara*, comunicante a destra con *Torino*, a sinistra con *Milano* sarà prontamente informato — grazie al tintinnio della suoneria — non appena l'una o l'altra delle due stazioni avrà lanciata una corrente nella linea; supponiamo che il tintinnio parta dalla suoneria di destra (*Torino*), egli muove allora l'impugnatura N' e porta il commutatore a contatto col bottone S' e così la corrente lanciata da Torino giunge nel ricevitore di Novara, ne muove l'indice e così trasmette il dispaccio. Se nel frattempo si udisse il tintinnio della suoneria di sinistra, il che evidentemente significa che Milano si dispone a trasmettere un dispaccio, il telegrafista di Novara interrompe per un istante il dispaccio da Torino per lanciare nella direzione opposta un segno convenzionale

che significa *impedito*: non appena è giunto l'intero dispaccio da Torino il telegrafista di Novara ristabilisce il commutatore di destra a contatto col bottone S' ossia unisce la linea che giunge da Torino con la suoneria e subito dopo invia a Milano un segno convenzionale che significa *pronto*, muove il commutatore N fino a che la sua estremità libera giunge in contatto con r e si dispone quindi a leggere sul ricevitore il dispaccio che gli verrà indirizzato da Milano.

Il telegrafo a quadrante ha comune con quello ad aghi (fig. 167) un gravissimo inconveniente: i segnali sono passeggeri e l'impiegato deve prestare molta attenzione per raccogliergli poi sulla carta, locchè necessariamente non può sempre accadere senza qualche errore; quando l'impiegato se ne accorge, invita il suo corrispondente a ripetere il dispaccio, nel caso contrario l'errore rimane e può recare danni incalcolabili; aggiugnasi che anche nelle migliori condizioni non si riesce a trasmettere più d'una lettera al secondo. Tuttavia milita a favore del telegrafo a quadrante la grandissima facilità colla quale un individuo qualunque, purchè conosca l'alfabeto, può — quasi senza alcuna pratica nell'arte telegrafica — trasmettere e ricevere i dispacci, circostanza di molto rilievo in certi casi, per esempio nell'esercizio delle ferrovie, ove è utilissimo che qualunque impiegato possa essere in grado di ricevere e trasmettere notizie telegrafiche.

Fra i varii sistemi di suonerie fino ad ora proposti, è generalmente preferito quello rappresentato dalla fig. 195. Esso si compone d'una scatola di legno nella quale è collocata orizzontalmente un'elettro-calamita a ferro di cavallo, il filo che ne costituisce i rocchetti comunica da una parte — mercè il pivolo A — colla linea telegrafica, dall'altra — mercè il bottone G — con la Terra. In faccia ai poli dell'elettro-calamita si erge un'ancora L, di ferro dolce, sostenuta inferiormente da una lamina flessibile d'acciaio, fermata alla base in un bottone metallico G; sulla sommità dell'ancora L è fissato un martello M destinato a battere la campanella metallica T. Quando non vi ha passaggio di corrente l'ancora rimane leggermente inclinata verso sinistra e riposa sopra una molla d'acciaio r, fissata sul bottone D, il quale comunica metallicamente col pivolo di sinistra, F, e quindi con la Terra.

In questo stato di cose vi ha un circuito con-

tinuo dalla linea alla Terra, poichè il filo telegrafico che mette capo in A avvolge i rocchetti elettro-magnetici e termina quindi nel bottone G, questi comunica con l'ancora L, colla molla r, col bottone D posto — come si è già detto — in comunicazione con la Terra. Ciò posto riesce manifesto che non appena una corrente elettrica giunge pel filo A nei rocchetti dell'elettro-calamita, questi attraggono l'ancora L ed obbligano quindi il martello M a colpire la campanella T; ma non appena l'ancora L, attratta dall'elettro-calamita, abbandona necessariamente la molla r sulla quale era rimasta appoggiata fino allora, non c'è più alcun contatto fra l'ancora e la molla,

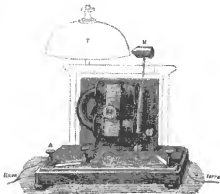


FIG. 195. SUONERIA ELETTRICA O SEGNALE D'ATTENZIONE.

perciò il circuito rimane necessariamente interrotto, cessa quindi il passaggio della corrente; i rocchetti perdono incontanente la loro virtù magnetica, abbandonano l'ancora L che, pel proprio peso, si inclina verso destra e va ad adagiarsi di bel nuovo sulla molla r. Nell'istante in cui l'ancora tocca nuovamente la molla, il circuito rimane chiuso, la corrente percorre di bel nuovo i rocchetti dell'elettro-calamita, questi attraggono l'ancora, il martello batte un secondo colpo sulla campanella; nell'istante successivo i rocchetti perdono il loro magnetismo e perciò abbandonano l'ancora, ma subito dopo la attraggono di bel nuovo e così via. In tal guisa, finchè la corrente percorre il filo della linea, il martello continua a battere colpi frequentissimi sull'adiacente campanello.

IX.

TIPO-TELEGRAFO BONELLI E PANTELEGRAFO CASELLI.

Telegrafia elettro-chimica. — *Tipo-telegrafo* a cinque fili, snoi pregi e difetti. — Struttura dei tipi per la tipo-telegrafia. — Notevole semplificazione dell'apparato primitivo: tipo-telegrafo ad un sol filo. — *Pantelegrafo Caselli*: trasmissione auto-telegrafica d'una scrittura, d'un disegno, d'un ritratto. — Infruttuosi tentativi di B. lin e di Blackwell. — L'isocronismo ottenuto mercè pendoli elettro-magnetici. — Trasmissione e valore dei dispacci pantelegrafici.

I varii sistemi telegrafici fino ad ora descritti presentano tutti, in grado più o meno grande, un gravissimo inconveniente: chi vuol trasmettere una notizia ad un suo corrispondente la scrive sopra un foglio di carta, lo consegna al telegrafista e questi alla sua volta trasmette la notizia a destinazione dove viene trascritta sia automaticamente come nel sistema Hughes, sia a mano come negli altri sistemi dei quali abbiamo tenuto parola. Ad ogni modo anche col sistema Hughes una trascrizione del dispaccio è pur sempre necessaria, perciò non si può avere la piena sicurezza che il telegrafista non commetta qualche errore sia nel leggere il dispaccio che gli fu consegnato, sia nel trasmetterlo all'altra stazione; aggiungasi che la probabilità d'errore aumenta quando il telegrafista deve trasmettere dispacci in lingua che non conosce, ovvero quando il dispaccio è formato da cifre, e quanto si dice pel sistema Hughes vale, ed a più forte ragione, per tutti gli altri precedentemente menzionati.

Non pochi ingegni tentarono di eliminare questa sorgente d'errori, procurando di riprodurre il dispaccio con la più assoluta fedeltà. In questa nobilissima gara si distinsero più specialmente due illustri italiani, il compianto Bonelli (1) e l'abate Caselli, questi con l'invenzione del *pantelegrafo*, quello ideando il *tipo-telegrafo*.

(1) GUSTAVO BONELLI nacque a Milano l'11 marzo 1818. Compì gli studi suoi in Pavia, si invaghi specialmente delle scienze fisiche ed in particolare dell'elettricità, si dedicò quindi con ardore agli studi ed alle esperienze relative alla telegrafia elettrica, allora nascente. — Nel 1849 emigrò in Piemonte ed ebbe dal Governo subalpino l'incarico di organizzarvi le linee telegrafiche, costruite le quali — nel 1852 — ne fu nominato direttore. Conservò tal carica fino al 1860, nel qual anno rassegnò le sue dimissioni per potersi esclusivamente occupare del suo nuovo sistema di tipo-telegrafia. Quando ebbe all'ordine le sue macchine si trasferì in Inghilterra col proposito di raccogliere i capitali per applicare in grande, a qualche importante linea telegrafica, il suo sistema. riuscì infatti a costituire una Società ad onta della formidabile opposizione mossagli dalle Società telegrafiche inglesi che temevano la concorrenza del tipo-telegrafo; questi funzionò regolarmente per otto mesi continui fra Liverpool e Manchester. Quest'esperienza riuscì favorevole all'inventore, ma dimostrò in pari tempo che per generalizzare la tipo-

Entrambe queste invenzioni hanno per base l'influenza esercitata dal passaggio della corrente elettrica sopra una carta chimicamente predisposta in modo da rendere permanenti le tracce del passaggio della corrente. Il primo tentativo diretto ad utilizzare le proprietà chimiche della corrente elettrica per tracciare segni telegrafici sopra una carta imbevuta di sostanze atte a modificarsi chimicamente per influenza della corrente elettrica, risale al 1839 ed è dovuto all'inglese E. Davy; questi faceva uso di carta preparata col ioduro di potassio. Posteriormente il fisico inglese Bain trovò più conveniente ricorrere alla carta impregnata d'una soluzione molto diluita e quasi incolore di *prussiato giallo* (cianuro di ferro e di potassio) mantenuta costantemente umida agguindendovi del nitrato d'ammoniaca (1).

Collocando la carta così preparata sopra una lastra metallica comunicante con la Terra e scorrendo sulla superficie della carta con una punta d'acciaio congiunta al reoforo positivo d'una pila — l'altro reoforo della quale sia in comunicazione con la Terra — il circuito è chiuso e la corrente elettrica, uscente dalla punta, attraversa la carta e si scarica nella Terra. Ora, il passaggio della corrente decompone il prussiato giallo in cianuro di potassio ed in cianuro di ferro (bleu di Prussia) che rimane aderente alla carta; nel

telegrafo conveniva costruire apparati capaci di funzionare con linee telegrafiche ed un solo filo; il Bonelli si accinse allora a modificare ed a perfezionare il suo sistema e vi riuscì molto inespugnabilmente; sventuratamente ed non poté raccogliermelo il ben meritato compenso, chè un fiero morbo da lui contratto in Inghilterra, mentre nulla curando la propria salute era unicamente intento al progresso de' suoi lavori, lo trasse alla tomba nella ancor verde età di 49 anni! Morì a Torino il 28 settembre 1867 in mezzo al compianto di quelli ne conobbero lo svegliato ingegno e l'animo generoso.

Il nome di Bonelli è pur congiunto: al *Telgrafo elettrico* da lui inventato fino dal 1833, che brillò all'Esposizione universale di Parigi nel 1855 ed al *Telegrafo delle locomotive* di cui si farà menzione più avanti.

(1) Il liquido nel quale si immerge la carta si compone di
 Acqua 100 parti
 Nitrato d'ammoniaca 150 »
 Cianuro di ferro o di potassio 5 »

tempo stesso il cianuro di potassio viene scomposto dalla corrente elettrica in *potassio* e *cianogeno*, il quale intacca la punta d'acciaio e la obbliga a lasciare, sulla carta sottostante, un secondo strato di bleu di Prussia; perciò il passaggio della punta sulla superficie della carta è segnato da una bellissima linea azzurra che appare quasi per incanto sul foglio di carta e finché la corrente continua a sprigionarsi dalla pila, la carta riceve e conserva traccia del passaggio della punta d'acciaio. È chiaro che altrettanto accadrebbe se la punta rimanesse immobile e si muovesse la carta, come avviene nell'apparato Morse il quale darebbe segni chiaramente leggibili anche senza ricorrere alla rotella imprugnata d'inchiostro, purché la lista di carta fosse imbevuta della suddetta soluzione. Interrompendo il passaggio della corrente, cessa tosto la decomposizione del prussiato e la punta d'acciaio, pur continuando a scorrere sulla superficie della carta, non lascia traccia del suo passaggio.

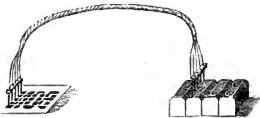


Fig. 196. PETTINI A CINQUE PUNTE DEL TIPO-TELEGAFO BONELLI.

Il compianto Bonelli, ideando il *tipo-telegrafo*, trovò modo di associare il telegrafo all'arte tipografica; il dispaccio consegnato alla stazione di partenza viene, in questa, composto come se dovesse essere riprodotto col mezzo della tipografia, ma in luogo di ricavare la stampa nella stessa stazione, la si ottiene, con tutta fedeltà e speditezza, nella stazione d'arrivo anche a più centinaia di chilometri di distanza. Per tal modo si raggiunge ogni desiderabile sicurezza nella trasmissione eliminando l'introduzione di errori nel testo del dispaccio, poichè prima di porlo in macchina si può rileggerlo e correggerlo con ogni cura, si ottiene poi la massima speditezza, poichè soltanto coi dispacci consegnati all'apparecchio belli e preparati si può conseguire quella celerità di trasmissione che è vano sperare dalla mano dei telegrafisti. Dal lato del ricevimento si raggiunge, come col sistema Hughes, il rilevantissimo vantaggio di dispensare il tele-

grafista dal trascrivere il dispaccio, il che produce notevole risparmio di tempo ed elimina una sorgente d'errori; giacchè, anche col sistema Bonelli, il telegramma stampato all'arrivo in caratteri ordinari viene direttamente consegnato al destinatario. Seguiamo ora l'inventore nell'esposizione del suo sistema.

« Immaginiamo (1) un filo telegrafico intersecato da una pila le cui estremità, a ciascuna delle due stazioni, sieno collegate ad una punta di platino. Sotto la punta che rappresenta il polo positivo della pila, facciamo scorrere una striscia di carta, imbevuta d'una soluzione di ioduro di potassio, stesa sopra una lastra metallica comunicante con la Terra.

« Nel tempo stesso, sotto l'altra punta che corrisponde al polo negativo facciamo scorrere un dispaccio stato preventivamente composto con caratteri tipografici, ugualmente in comunicazione con la Terra. Ogni volta che questa punta incontrerà il rilievo di un carattere di stamperia, un'emissione di corrente avrà luogo, ed alla stazione d'arrivo il ioduro di potassio decomposto dall'azione della corrente formerà sulla carta una piccola traccia di color bruno. Quando invece la punta che agisce alla stazione di partenza trovasi al disopra di un vuoto del carattere tipografico, la corrente è interrotta, e la porzione della striscia di carta che scorre sotto l'altra punta conserva il suo color bianco. — È chiaro però che questa successione di tracce brune e di intervalli bianchi non basterebbe per riprodurre la forma dei caratteri. Avevo rilevato che per riprodurre questa forma conveniva far lavorare a ciascuna delle stazioni cinque punte isolate l'una dall'altra ed in comunicazione con cinque fili di linea. Le cinque punte riunite (fig. 196) formavano una specie di piccolo pettine il quale veniva disposto perpendicolarmente al senso della linea dei caratteri. Se invece di far passare sotto questo pettine una composizione tipografica, lo si appoggiasse sopra una lastra metallica liscia, l'altro pettine — alla stazione d'arrivo — traccerebbe sulla carta chimica cinque linee parallele assai vicine fra loro. — Ora, se il pettine appoggia sopra un carattere tipografico, le punte che incontreranno il rilievo del carattere, determineranno alla stazione opposta altrettante pic-

(1) Il *tipo-telegrafo*, lettura fatta, dal cav. G. BONELLI, al Museo di fisica e Storia Naturale di Firenze, il 9 marzo 1857; pubblicata nella raccolta *La Scienza del popolo*, Vol. 4.º, Milano 1869.

cole tracce brune sulla carta mobile, mentre lo spazio che corrisponde ai vuoti delle lettere rimarrà bianco, perchè alla stazione di partenza le punte che si trovano al disopra dei vuoti non comunicano col metallo dei tipi, e perciò non danno passaggio alle correnti. In tal guisa la forma dei caratteri viene riprodotta colla massima esattezza. »

La figura 198 rappresenta l'insieme dell'apparecchio destinato tanto alla trasmissione quanto al ricevimento dei dispacci. Sopra un tavolo di ghisa, lungo circa due metri, sono collocate due verghe di ferro parallele, disposte longitudinalmente, queste costituiscono una specie di strada ferrata sulla quale può scorrere un carrello di ferro, sostenuto da quattro ruote, lungo circa un metro. Questo carrello porta la *forma*, ossia, una cassetta contenente il dispaccio composto in caratteri tipografici; parallelamente al dispaccio è collocato sul carrello un regolo di ferro *f* sulla cui faccia superiore è applicata una striscia di carta imbevuta d'una soluzione di ioduro di potassio. Se nella stazione di partenza il dispaccio occupa le destra del carrello ed il regolo *f* ne occupa la sinistra, nella stazione d'arrivo questa disposizione dev'essere invertita. La discesa di un peso — visibile sulla sinistra della figura — regolata da un volante, trascina il carrello con moto uniforme, da destra verso sinistra. Il carrello è sormontato da una specie di ponte, *m*, formato da un pezzo orizzontale — disposto nel senso della larghezza del tavolo — sostenuto da due ritti verticali; alla faccia inferiore del pezzo traversale è fissato il pettine *u*, questi può essere spostato lungo il pezzo traversale e così le punte possono toccare ora la lista di carta sovrapposta al regolo *f*, ora i caratteri tipografici, collocati nelle forme, costituenti il dispaccio da trasmettere; come si comprende questa disposizione cor-

risponde all'invio del dispaccio, l'altra si riferisce al ricevimento.

Volendo trasmettere un dispaccio, si preme il bottone C, con ciò si interrompe un circuito elettrico; quest'interruzione fa scattare nello stesso istante, tanto nella stazione di partenza quanto in quella d'arrivo, una elettro-calamita che comanda un freno applicato al carrello; questi — che fino allora era rimasto immobile — non trovandosi più soggetto all'azione del freno, obbedisce invece all'azione del peso e procede con moto uniforme da destra verso sinistra passando sotto al ponte. Così la superficie superiore

dei caratteri tipografici contenuti nella forma viene successivamente sfiorata dal pettine, mentre — nella stazione d'arrivo — la striscia di carta scorre con pari velocità sotto all'altro pettine che riproduce sull'essa grado grado, con tutta fedeltà, il dispaccio collocato nella forma depositata sul carrello della stazione di partenza. La corsa del carrello si compie in dieci secondi e siccome la forma contiene, in media, da 25 a 30 parole, così queste vengono trascritte e trascritte, in capo a quel brevissimo tempo, nella stazione d'arrivo; riesce quindi manifestato che coll'apparecchio Bonelli a cinque fili

si ottiene una celerità di trasmissione di gran lunga superiore a quella di tutti gli altri sistemi telegrafici.

La composizione dei dispacci può essere affidata anche a fanciulli, come già si usa nelle tipografie; i tipi o caratteri metallici all'uopo necessari sono simili a quelli di stamperia, però mentre questi ultimi sono rovesci, affinché la stampa riesca dritta, quelli del lipo-telegrafo sono diritti. Per poco che si rifletta, si comprende che i singoli segni e quindi le lettere che si ottengono in arrivo sono disegnate riproducendo singoli tratti delle medesime collo stesso ordine col quale le punte del pettine incontrano i rilievi dei



Fig. 197. GAETANO BONELLI.

tipi; ecco dunque che per avere una scrittura dritta convien adoperare tipi dritti.

Dobbiamo inoltre notare che i caratteri del tipo-telegrafo hanno grosse tutte le parti orizzontali e sottili tutte le parti verticali, come nelle parole seguenti:

TIPO TELEGAFO BONELLI HIPP

è facile rendersene conto: le linee verticali ed oblique vengono certamente toccate da tutte le cinque punte del pettine poichè internendosi

negli incavi questi vengono lambiti per un certo tempo prima d'essere scavalcati: Intanto la corrente passa e produce nella stazione d'arrivo un segno più grosso di quello che sia realmente; ma nei tratti orizzontali non si può avere altrettanta sicurezza senonchè facendoli più grossi; in caso contrario il contatto sarebbe sicuro solo quando le punte del pettine fossero perfettamente dritte e corrispondessero precisamente al sottostante tratto orizzontale, impiegando invece tipi con tratti orizzontali alquanto grossi; quand'anco le punte fossero un po' storte, incontrerebbero int-

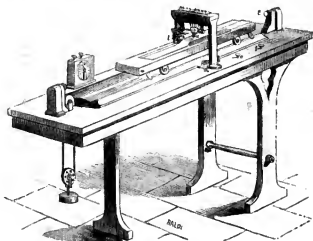


Fig. 195. TIPO-TELEGAFO BONELLI. (Disposizione primitiva, a cinque fili).

tavia il tratto un po' più in alto o un po' più in basso ma il contatto e la susseguente trasmissione di corrente si verificherebbero del pari ed anche i tratti orizzontali comparirebbero con tutta fedeltà sulla carta chimica nella stazione d'arrivo.

Con una semplicissima disposizione si potrebbero ottenere ad un tempo due identici esemplari d'ogni dispaccio: basterebbe biforcare ciascuno dei cinque fili telegrafici ponendo ciascuno dei due gruppi da cinque fili in comunicazione con le cinque punte d'un pettine, sotto a ciascun pettine scorrerebbe la solita striscia di carta chimica sulla quale comparirebbe il dispaccio; l'uno dei due esemplari verrebbe consegnato al destinatario, l'altro rimarrebbe nell'ufficio ricevente.

L'apparato fin qui descritto offriva invero moltissimi pregi: straordinaria rapidità nella trasmissione, incontrastabilmente superiore a quella di tutti gli altri sistemi conosciuti, fedeltà nella trasmissione, semplicità grandissima e conseguente garanzia di lunga durata degli apparati; tuttavia questo sistema telegrafico presentava un grave inconveniente poichè richiedeva cinque fili telegrafici, il che aumentava sensibilmente le spese d'impianto, aumento scarsamente compensato dal vantaggio di poter trasmettere più centinaia di dispacci all'ora, poichè sono ben poche le linee telegrafiche sulle quali si verifica il rilevante scambio di dispacci. I vantaggi della tipo-telegrafia facevano lamentare che non fosse suscettibile

d'una più estesa ed utile applicazione, e dopo gli elogi che ad essa si tributavano si ridiva sempre deplorare la necessità del cinque fili.

L'inventore ricominciò le sue assidue ricerche, trasformò radicalmente il suo apparato e, con la valida cooperazione del distinto meccanico signor Hipp di Nenchâtel, costruì un nuovo tipo-telegrafo col quale si ottiene l'intento desiderato servendosi d'un unico filo telegrafico.

Nel tipo-telegrafo così perfezionato c'è ancora un carrello sostenuto da quattro ruote scorrevoli sopra due guide disposte però nel senso della larghezza del tavolo. Questo carrello riceve o la forma contenente il dispaccio da trasmettere, ovvero, la lastra metallica sulla quale è atesa la carta imbevuta della soluzione di loduro di potassio destinata a ricevere e conservare le tracce del passaggio della corrente, ad accogliere cioè il dispaccio inviato da altra stazione; tanto la forma quanto la lastra sono lunghe 15 centimetri, e questa è pure la lunghezza delle righe del dispaccio. Il carrello non progredisce con moto uniforme, ma a sbalzi, esso si avvanza — per effetto d'un meccanismo d'orologeria — di un millimetro ad ogni due secondi quando si vuol trasmettere, e di mezzo millimetro soltanto (nello stesso intervallo di tempo) quando si vuol ricevere.

Il carrello scorre anche qui sotto ad un ponte, ma in luogo di muoversi perpendicolarmente ad esso, si muove invece rimanendogli sempre parallelo; in luogo del pettine immobile che — nell'apparato primitivo — scendeva dalla traversa orizzontale del ponte, nel nuovo apparato vi sono due punte metalliche obbligate dal meccanismo d'orologeria a percorrere alternatamente — ora l'una ora l'altra — tutta la lunghezza del dispaccio, ossia una linea lunga 15 centim., ad ogni due secondi. La punta che è a contatto del dispaccio (ossia a contatto dei caratteri nella stazione di partenza, a contatto della carta chimica nella stazione d'arrivo) scorre costantemente da sinistra verso destra; giunta all'estremo di destra è automaticamente sollevata ed indietreggia, in due secondi, da destra verso sinistra, mantenendosi sempre discosta dal dispaccio; ora, il meccanismo è congegnato in modo che il carrello si inoltra (d'un millimetro nella stazione di partenza e di mezzo millimetro in quella d'arrivo) precisamente nel-

l'istante in cui la punta giunta a destra cessa di toccare i caratteri; nell'istante successivo, l'altra punta, precedentemente giunta da destra a sinistra, è automaticamente abbassata e percorre al dispaccio, in due secondi una linea parallela a quella precedentemente percorsa dalla prima punta. La seconda punta, al suo arrivo all'estremità destra del dispaccio, è automaticamente sollevata ed indietreggia verso sinistra, nel tempo stesso il carrello (in virtù del meccanismo d'orologeria) si avvanza di bel nuovo; subito dopo la prima punta, che — mantenendosi sempre sollevata — è ormai giunta all'estremità sinistra del dispaccio, si abbassa e percorre una terza linea parallela alle precedenti. Così finchè l'apparato è in attività una delle due punte scorre costantemente lungo il dispaccio da sinistra verso destra; la punta striscia, nella stazione di partenza, sui caratteri, in quella d'arrivo sulla carta chimica in virtù d'una piccola molla destinata a mantenere l'aderenza. I caratteri che si impiegano per formare il dispaccio da trasmettersi col tipo-telegrafo sono alti cinque millimetri, e quindi tale è pure l'altezza delle singole righe del dispaccio, perciò ciascuna di esse è percorsa successivamente cinque volte in tutta la sua lunghezza dalla punta trasmettente; nel tempo stesso la carta chimica collocata sul carrello della stazione d'arrivo è successivamente solcata cinque volte dalla punta ricevente, il di lei solco riesce colorato in bruno quando la linea telegrafica è percorsa dalla corrente, ossia, quando la punta trasmettente è a contatto col rilievo dei caratteri perciò questi si riproducono — nella stazione d'arrivo — a tratti successivi e paralleli; siccome però il carrello ricevente avvanza ogni volta di mezzo millimetro mentre il carrello, trasmettente avvanza del doppio, le lettere del dispaccio che vanno gradatamente comparando sulla carta chimica hanno metà altezza dei caratteri collocati nella forma: Le parole seguenti:

TIPO TELEGRAFO BONELLI HIPP

rappresentano il fac-simile della riproduzione, ottenuta coll'apparato collocando nella forma i singolari caratteri precedentemente rappresentati. In modo analogo si ottiene anche il fac-simile che qui riproduciamo:

*Questa scrittura è stata trasmessa con l'apparato autotelegrafo
tipo Bonelli-Hipp in 2 minuti e mezzo. Questo apparato trasmette
e, se la scrittura è ben fatta, almeno 50 lettere per minuto.*

Calcolando che in ciascuna riga lunga 15 centimetri vi possano essere in media 60 caratteri e ritenendo che in media ciascuna parola sia composta di cinque lettere, si riconosce che ogni riga contenente 12 parole verrebbe trasmessa in soli 10 secondi e quindi un dispaccio di 24 parole richiederebbe due righe ed impiegherebbe, per essere trasmesso, soli 20 secondi; ammettendo che lo stesso tempo sia necessario a togliere dal carrello la forma contenente il dispaccio già trasmesso ed a predisporre l'invio d'un secondo dispaccio, si giunge tuttavia alla trasmissione di novanta dispacci all'ora, di gran lunga superiore a quella di tutti gli altri sistemi telegrafici.

Il *pantelegrafo* (1), inventato fino dal 1856 dal chiarissimo abate prof. Giovanni Caselli (2), da lui stesso successivamente perfezionato, risolve nel modo più soddisfacente l'importante quesito dell'istantanea trasmissione dei dispacci; il *pantelegrafo* non si limita a presentarvi — come tutti gli altri sistemi telegrafici fino ad ora descritti — la riproduzione, più o meno fedele, d'un dispaccio consegnato pochi istanti prima alla stazione di partenza, ma vi dà invece un vero *fac-simile*, voi vedete l'esatta riproduzione del carattere e la firma del vostro corrispondente! E se in luogo d'una o più frasi volete trasmettere delle note di musica, un disegno, un piano, un ritratto, il *pantelegrafo* riprodurrà tosto nella stazione d'arrivo, fosse pure distante più centinaia di chilometri, ogni punto ogni linea di quanto fu scritto da chi inviò il dispaccio.

Quest'ideale della telegrafia fu raggiunto dal prof. Caselli, dopo perseveranti ricerche traendo partito dal fenomeno elettro-chimico precedente-

mente menzionato: l'istantanea decomposizione provocata dal passaggio della corrente elettrica attraverso ad una punta di ferro scorrevole sopra un foglio di carta imbevuto di prussiato giallo. Parecchi illustri scienziati ed in particolare i fisici inglesi Bain e Blackwell avevano tentato di trar partito da questo fenomeno per ottenere la riproduzione autografica, ma i loro sforzi rimasero infruttuosi; il principale ostacolo che sbarrava loro la via era la difficoltà di ottenere la perfetta concordanza o *sincronismo* — come dicesi dai meccanici — dei due apparati, il trasmettente ed il ricevente, rispettivamente nella stazione di partenza ed in quella d'arrivo. Il prof. Caselli superò molto ingegnosamente questa difficoltà ricorrendo a due pendoli elettromagnetici (simili a quello indicato con B D nella fig. 200) perfettamente eguali, collocati l'uno nella stazione di partenza, l'altro in quella d'arrivo. Come vedremo più avanti, questi pendoli sono disposti in modo che entrambi incominciano a muoversi nell'istesso momento, entrambi impiegano egual tempo nel compiere ogni singola oscillazione. L'ufficio di ciascuno di questi due pendoli consiste nel comunicare un movimento uniforme e continuo ad una punta di platino nella stazione di partenza, questa punta sfiora la superficie del dispaccio da spedire; nella stazione d'arrivo la punta — che è d'acciaio — percorre la superficie della carta sulla quale va grado grado sviluppandosi — per l'azione elettro-chimica — la fedelissima riproduzione del dispaccio. Quest'ultimo vuol essere scritto sopra una sottil foglia di stagno con inchiostro grasso ed isolante, dopodiché lo si depone sopra una lastra curva di rame (come la E, fig. 201) nella stazione di partenza; sopra una lastra consimile si colloca — nella stazione d'arrivo — il foglio di carta imbevuto della soluzione di prussiato giallo. Ad ogni oscillazione del pendolo che trovasi nella stazione di partenza, la punta di platino percorre una linea nel senso della larghezza della foglia di stagno sulla quale fu scritto il dispaccio; durante la contemporanea oscillazione del pendolo nella stazione d'arrivo, la punta d'acciaio percorre, sulla carta chimica, una linea nel senso della larghezza della stessa. Dopo ciascuna oscillazione del pendolo, tanto nella stazione di partenza quanto nella stazione d'arrivo, le due punte metalliche, ossia, quella di platino nella stazione di partenza e quella d'acciaio nella stazione d'arrivo,

(1) Questa voce composta di tre parole greche significa: scrivere (*grapho*) lontano (*tele*) tutto (*pan*).

(2) CASELLI GIOVANNI nacque a Siena il 25 maggio 1815, fece i suoi studi a Firenze ove ebbe per maestro particolare di fisica Leopoldo Nobili (che morì nel 1837), del quale si scrisse l'Elogio. Entrò negli ordini nel 1835 e ricevette il diaconato. Chiamato a Parma nel 1841 per dirigere l'educazione dei figli del conte Sanvitale, rimase colà fino all'epoca della restaurazione dal governo ducale (1849) che lo cacciò pel voto da lui dato nell'annessione alla monarchia costituzionale di Carlo Alberto. Caselli ritornò allora a Firenze e si consacrò interamente allo studio delle scienze ed in particolare all'elettricità ed al magnetismo. Istituì numerose ricerche ed esperienze con apparecchi e macchine che costruì ed stesso con l'aiuto del fratello suo Lodovico, valente scultore e meccanico. Nel 1851 fondò un giornale illustrato (*La Ricerzione, giornale di scienze fisiche ed arti*) per la vulgarizzazione delle scienze — Nel 1855 costruì il suo primo *pantelegrafo*: poesia, recatosi a Parigi, lo perfezionò successivamente con la cooperazione dell'insigne costruttore francese Tromont.

sono automaticamente spostate per brevissimo tratto nel senso longitudinale della sottostante lastra di rame; perciò, durante la seconda oscillazione del pendolo, la punta di platino percorre (nella stazione di partenza) sulla foglia di stagno, mentre la punta d'acciaio percorre sulla carta chimica (nella stazione di arrivo), una seconda linea nel senso della larghezza della sottostante lastra di rame; questa seconda linea riesce quindi

parallela e vicinissima a quella percorsa durante la prima oscillazione del pendolo. Quando quest'ultimo giunge al termine della sua seconda oscillazione, le due punte progrediscono ulteriormente, per brevissimo tratto — eguale al precedente — nel senso della lunghezza della sottostante lastra di rame, perciò durante la terza oscillazione entrambe percorrono una terza linea parallela e vicinissima alle due già precedente-



Fig. 109 GIOVANNI CAMELLI.

mente percorse. Questo ginoco si rinnova ad ogni oscillazione del pendolo, perciò dopo qualche tempo entrambe le punte hanno successivamente percorse — l'una nella stazione di partenza, l'altra in quella d'arrivo — moltissime linee tutte vicinissime fra loro e parallele, tutte dirette nel senso della larghezza della sottostante lastra curva di rame.

Ora le lastre curve di rame che sostengono — nella stazione di partenza — il foglio di stagno

su cui fu scritto il dispaccio e — nella stazione d'arrivo — il foglio di carta chimica destinato a riceverlo, comunicano sì l'una come l'altra con la Terra; tanto la punta di platino quanto la punta d'acciaio comunicano con la linea telegrafica, la punta di platino comunica inoltre con uno dei poli della pila della stazione di partenza. Ciò posto sarà facile comprendere che la corrente sviluppata da questa pila passerà nella punta di platino e da questa nel foglio di stagno, nella lastra

di rame e quindi nella Terra ogni qualvolta la punta sarà in immediato contatto con lo stagno ed allora non vi sarà alcun passaggio di corrente elettrica nel filo telegrafico; quando invece la punta trasmittente, scorrendo sul foglio di stagno incontra l'inchiostro dei caratteri che — come abbiain detto — è isolante, l'elettricità che non

può scaricarsi direttamente nella Terra risale la punta di platino, si slancia nel filo telegrafico, giunge nel medesimo istante nella punta d'acciaio dell'apparato ricevente, attraversa la carta chimica e la sottostante lastra di rame e si scarica nella Terra nella stazione d'arrivo. Il filo telegrafico e la punta ricevente sono quindi attraver-

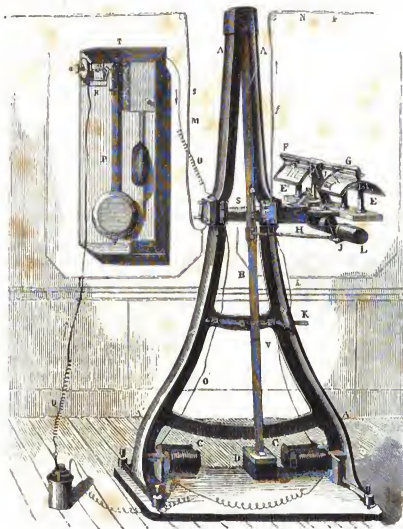


Fig. 200. PANTELGRAFO CASELLI.

sati dalla corrente elettrica solo in quegli istanti nei quali la punta trasmittente scorrendo sul foglio di stagno incontra l'inchiostro isolante col quale fu scritto il dispaccio e soltanto allora si verifica — nella stazione d'arrivo — il fenomeno elettro-chimico precedentemente menzionato; in altri termini i leggeri solchi tracciati dalla punta d'acciaio sulla carta dell'apparato ricevente riesciranno visibili solo nei punti corrispondenti ai

caratteri segnati sul foglio di stagno nella stazione di partenza, e siccome i movimenti dei due pendoli e quindi anche delle due punte — trasmittente e ricevente — sono perfettamente concordi, così i segni tracciati dalla punta d'acciaio, corrisponderanno precisamente ai tratti percorsi sull'inchiostro dalla punta di platino. È poi manifesto che si può impiegare il pantelegrafo per trasmettere note di musica, ritratti, di-

segni qualsiasi purché i tratti che li compongono sieno tracciati, con inchiostro isolante, sopra foglio di stagno.

Il pantelegrafo fu messo in attività ed a disposizione del pubblico fino dal 16 febbraio 1865 sulla linea francese Parigi-Lione; posteriormente fu esteso anche alla corrispondenza telegrafica fra Lione e Marsiglia. La tassa dei dispacci che si inviano su quelle linee, col pantelegrafo è indipendente dal numero delle parole o dalla qualità dei disegni che si vogliono spedire, ma è proporzionale alla superficie del foglio di stagno richiesto, ed è fissata in ragione di 20 centesimi per ciascun centimetro quadrato; la tassa minima corrisponde ad un foglio avente in superficie 30 centimetri quadrati, l'invio del dispaccio costa in tal caso 6 franchi. L'amministrazione telegrafica vende i fogli di stagno, destinati a ricevere

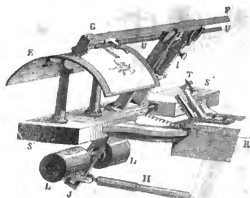


Fig. 201. PARTICOLARI DEL RICEVITORE DEL PANTELEGRAFO CABELLI.

il dispaccio, al prezzo di 10 centesimi ciascuno; questi fogli sono di quattro grandezze diverse corrispondenti a 30, 60, 90 e 120 centimetri quadrati. Chi invia il dispaccio potrebbe scriverlo a caratteri minutissimi e quindi dire non poche cose anco impiegando la superficie minima; tuttavia questo vantaggio non è reale, poiché i tratti azzurri provocati dalla scomposizione elettro-chimica del prussiato giallo non riescono perfettamente nitidi ma alcun poco confusi, come le scritte a penna sulla carta succhiante, il che non reca alcun danno quando i caratteri son grandi ma rende tanto più confusa la riproduzione del dispaccio — nella stazione d'arrivo — quanto più piccoli ne sono i caratteri.

Possiamo ora ad esaminare la struttura del pantelegrafo: Un pendolo d'acciaio BD, lungo 2 metri, è sospeso ad un castello A'AAA' di ferro fuso cui è raccomandato

tutto l'apparato. All'estremità inferiore del pendolo è fissata un'ancora massiccia D di ferro dolce che può oscillare fra due coppie di rocchetti elettro-magnetici CC'. Ciascuna coppia di rocchetti è alternativamente percorsa da una corrente elettrica sviluppata da una pila locale indipendente dalla pila principale destinata a percorrere la linea telegrafica. Grazie alla pila locale, or l'una o l'altra coppia di rocchetti diviene temporariamente magnetica, ed attrae a sé l'ancora D. Appena avvenuto il contatto, un commutatore, del quale parleremo più avanti, obbliga la corrente ad abbandonare quella coppia di rocchetti ed a passare nell'altra; frattanto il pendolo abbandonato discende come un pendolo ordinario, la velocità acquistata discendendo lo fa risalire per breve tratto dal lato opposto, l'ancora (D) giunge così nella sfera d'attrazione magnetica della seconda coppia di rocchetti che ormai sono percorsi dalla corrente elettrica, perciò l'ancora e quindi il pendolo continuano ad avvicinarsi a questa seconda coppia di rocchetti; ma non appena l'ancora giunge a toccarli, il commutatore obbliga la corrente ad abbandonarli ed a percorrere nuovamente la prima coppia di rocchetti; il pendolo oscilla quindi in direzione opposta alla precedente e giunge nuovamente a contatto della prima coppia di rocchetti, nel medesimo istante la corrente abbandona questa coppia e passa nell'altra e così il pendolo continua ad oscillare fra i due rocchetti fino a tanto che rimane in attività la pila locale destinata a produrre le alternative magnetizzazioni delle due coppie di rocchetti.

La perfetta concordanza, ossia l'isocronismo, nelle oscillazioni dei pendoli dei due apparati, trasmettente e ricevente, è ottenuta mercé un orologio ordinario (T) a peso; il di lui pendolo P misura un quarto della lunghezza del pendolo BD, perciò (I), mentre quest'ultimo fa un'oscillazione, il pendolo P ne compie due; mentre il pendolo BD ne compie due, il pendolo P ne compie quattro e così via. Lateralmente al pendolo P è collocata una leva a gomito R che è urtata dal pendolo al termine d'ogni sua oscillazione da destra a sinistra; questa leva R comunica mediante il filo Q con uno dei due reofori della pila locale. Tutte le volte che il pendolo non è in contatto con la leva R, la corrente — sviluppata dalla pila locale — percorre i fili Q ed O, giunge nel pezzo metallico S, sul quale è collocato un commutatore; attraversa il filo O' e passa nei rocchetti di destra C; questi divengono temporaneamente magnetici, attraggono l'ancora D e così il pendolo BD compie mezza oscillazione, frattanto il pendolo P giunge a contatto della leva R, questa solleva l'estremità superiore del filo Q ed interrompe per un istante il circuito della pila locale; nell'istesso momento i rocchetti C perdono la loro virtù magnetica, abbandonano l'ancora D, questa scende in virtù del proprio peso e, grazie alla velocità acquistata discendendo, oscilla verso destra; l'interruzione della corrente è istantanea, il circuito si ri-stabilisce automaticamente non appena il pendolo P — incominciando una seconda oscillazione — si allontana dalla leva R; ora, il pendolo BD, oscillando da si-

(1) Nel medesimo luogo le durate delle oscillazioni sono come le radici quadrate delle lunghezze dei pendoli.

sinistra verso destra, muove il commutatore collocato in S, il circuito che prima era stabilito dal commutatore col filo di sinistra C' viene interrotto, il commutatore stabilisce invece il circuito col filo di destra V, nello stesso momento i rochetti di destra C' acquistano virtù magnetica, attraggono l'ancora D e così il pendolo BD termina la sua prima oscillazione da sinistra verso destra. E siccome, per quanto si è detto, le lunghezze dei due pendoli BD e P sono combinate in modo che mentre il primo compie un'oscillazione, il secondo ne compie due, così nel medesimo istante in cui l'ancora D va a toccare i rochetti di destra C' il pendolo P urta nuovamente nella leva a gomito R, il circuito della pila locale rimane per un momento interrotto, i rochetti C' perdono la loro temporaria virtù magnetica ed abbandonano l'ancora D; questa incomincia ad oscillare verso sinistra, durante quest'oscillazione il pendolo BD muove il commutatore S, e perciò interrompe il circuito a sinistra e lo ristabilisce a destra, i rochetti di destra C' divengono nuovamente magnetici, l'ancora D da essi attratta compie l'oscillazione da destra a sinistra. Nell'istante in cui l'ancora tocca i rochetti, il pendolo P urta per la terza volta nella leva R, il circuito della pila locale rimane per un istante interrotto, i rochetti abbandonano l'ancora e così di seguito; le oscillazioni del pendolo BD vengono quindi regolate dall'orologio T. Per mettere in azione ed in riposo tutto l'apparato, basta manovrare, in un senso o nel senso opposto, l'impugnatura K visibile sulla destra del castello di ghisa.

Affinchè i due apparati, il trasmettente ed il ricevente, funzionino con la massima concordanza, è necessario che gli orologi regolatori delle due stazioni corrispondenti si muovano col più perfetto accordo; ora questo risultato non sarebbe conseguibile nella pratica ancor impiegando i migliori cronometri; tuttavia il prof. Caselli raggiunse l'intento applicando lateralmente al pendolo de' suoi orologi regolatori una punta che limita più o meno l'ampiezza d'oscillazione del pendolo P, questa punta è manovrata mediante una vite di finissimo passo sormontata dal bottone A; muovendolo più o meno verso destra o verso sinistra si aumenta o si restringe grado grado l'ampiezza dell'oscillazione del pendolo regolatore P e conseguentemente anche del pendolo motore BD. Per riconoscere se i due orologi camminano o no in perfetto accordo, si segna sul foglio di stagno una linea parallela al suo margine e si obbliga la punta trasmettente a percorrerla; se nell'altra stazione si ottiene una linea parallela al margine del foglio ricevente, la concordanza è perfetta; in caso diverso la linea azzurra, che appare sul foglio ricevente, sarà obliqua o verso il margine o verso l'interno e con la sua direzione indicherà se sarà necessario gi-

rare in un senso o nell'altro il bottone A per far avanzare o ritardare il moto dell'apparato.

Vediamo ora in qual modo le continue ed uniformi oscillazioni del pendolo BD determinino la trasmissione e l'invio dei dispaeci; esaminiamo la fig. 201 che rappresenta particolareggiatamente co' suoi accessori la punta metallica e la lastra curva di rame sulla quale si colloca il foglio di stagno o la carta chimica a seconda che si vuol spedire o ricevere. Come si scorge dalla fig. 203 le lastre curve di rame sono due, Ed E, e così si possono contemporaneamente spedire o ricevere due dispaeci; la seconda lastra fu omissa nella fig. 201 al solo scopo di renderla più chiara. Verso la metà dell'està del pendolo motore è articolata una piccola biella H che attraversa a destra il castello di ferro fuso A'AAA', l'estremità destra di questa biella è articolata in J con una leva Ji girevole intorno al suo punto di mezzo. Due contrappesi cilindrici LL servono ad equilibrare il peso di questa leva, della vite U e della verga GF in modo che il centro di gravità di tutto il sistema oscillante corrisponda esattamente al punto di sospensione, o perno, della leva Ji, tanto allo scopo di evitare le eccessive in breve deteriorerebbero l'apparato quanto per rendere tutto il sistema mobilissimo ed atto a funzionare anche con debolissimo impulso; e così ad ogni oscillazione del pendolo BD, ogni punto della verga Ji e della vite U, ad essa applicata ad angolo retto, percorre un arco circolare; quest'arco è parallelo alla curvatura delle due lastre di rame EF, perciò la vite U, sulla quale sono fissate le punte metalliche riceventi o trasmettenti, si muove sempre parallelamente alle lastre di rame; assegnando quindi una conveniente lunghezza alle punte metalliche, queste — ad ogni oscillazione del pendolo — toccheranno la lastra o la carta sovrapposta, lungo una linea parallela al margine della lastra. Perciò abbia luogo tanto in trasmissione quanto il ricevimento del dispaeci è necessario che al termine d'ogni oscillazione del pendolo motore e quindi d'ogni loro traccia dalla punta metallica, sulla lastra di rame, la punta proceda orizzontalmente per breve tratto; si raggiunge l'intento fissandola sulla vite U, mediante una chiocciola o madrevite disposta in modo che è obbligata a rimanere costantemente verticale; alla vite U è applicata una ruota dentata, questa gira d'una piccolissima quantità — grazie ad una forcella fissata sulla leva JJ — al termine d'ogni oscillazione del pendolo motore e così fa girare anche la vite U, e siccome la chiocciola che porta la punta metallica non può seguire il piccolo movimento rotatorio della vite U, così la chiocciola stessa e quindi anche la punta metallica sono obbligate a progredire per breve tratto nel senso della lunghezza della vite; al ricominciare d'una nuova oscillazione del pendolo, la punta percorre quindi una nuova linea vicinissima e parallela a quella precedentemente tracciata. Dopo ogni nuova oscillazione la punta procede ulteriormente; essa percorre successivamente, nel breve spazio di due minuti, l'intera superficie di 30 centimetri quadrati corrispondente ad un dispaeci semplice; spazii maggiori verrebbero, come ben si comprende, percorsi in tempi proporzionali. E siccome quanto avviene nella stazione di

partenza si verifica pure contemporaneamente nella stazione d'arrivo, così riesce chiaro che quando la punta trasmettente avrà percorso tutto il dispaccio (scritto, coll' inchiostro isolante, sul foglio di stagno) collocato sulla lastra K, la punta della stazione ricevente avrà similmente percorsa tutte le carte chimiche collocate sulla lastra K nella stazione d'arrivo, ed avrà tracciato sovra essa in segni azzurri un fedelissimo *fac-simile* del dispaccio.

Accenneremo ancora ad un recente perfezionamento introdotto nel pantelegrafo: la punta d'acciaio a contatto del cianogeno sviluppato dal passaggio della corrente attraverso alla carta chimica si logorava rapidamente, era quindi mestieri cambiarla frequentemente; essa fu sostituita da un filo d'acciaio, il quale — grazie ad un'ingegnosa disposizione — si svolge automaticamente grado grado che la sua estremità, costantemente aderente alla carta chimica, va logorandosi.

Si possono anche ottenere contemporaneamente, nella stazione d'arrivo, due esemplari d'ogni dispaccio; a tale scopo si impiegano due fogli, il primo — direttamente collocato sulla lastra curva di rame — è una lamina sottilissima di stagno come quella impiegata nella stazione di partenza; il secondo foglio, che vuol essere sovrapposto al precedente, è, come al solito, di carta imbevuta di prussiato giallo. Al passaggio della corrente, il prussiato si decompone e presenta il *fac-simile*

del dispaccio spedito dalla stazione di partenza, ma nel tempo stesso la corrente modifica anche il sottostante foglio di stagno in modo tale che, immergendolo in una soluzione di iposolfito di soda e d'acido cloridrico, si vede comparire sullo stagno un'esatta riproduzione del dispaccio in bellissimo color nero. La spiegazione di questo fenomeno è semplicissima; le sostanze contenute in quella soluzione si depositano di preferenza sui punti del foglio di stagno che furono intaccati dall'elettricità e combinandosi chimicamente con lo stagno producono il solfuro di stagno che è nero.

La vera supremazia del pantelegrafo Caselli consiste nella scrupolosa fedeltà della trascrizione, questo pregio fu tosto riconosciuto dai negozianti e dai banchieri che salutarono con gioia questo sistema di telegrafia che elimina ogni errore di trascrizione per parte degli impiegati telegrafici. Su 4800 dispacci, scambiati col pantelegrafo, fra Parigi e Lione nel 1860, 4853 si riferivano ad operazioni di Borsa. In tal caso, come ben si comprende, l'assoluta esattezza nella trasmissione delle cifre è condizione essenzialissima. Il negoziante ed il banchiere spendono volentieri 6 franchi in luogo di 2 per avere il diritto di far giungere l'esatto *fac-simile* del dispaccio scritto di proprio pugno e debitamente firmato (1), nelle mani del destinatario.

X.

La telegrafia in servizio sulle strade ferrate: avvisatori elettrici; apparato di controlleria per gli scambi; telegrafo delle locomotive. — Applicazioni scientifiche della telegrafia elettrica; esatta determinazione delle longitudini; pronostici meteorologici. — La telegrafia e gli incendi; esempi da imitare. — Orologi elettrici. — La telegrafia privata a Londra ed in altre città.

Prima di abbandonare il campo della telegrafia crediamo opportuno accennare alcune fra le numerosissime applicazioni di quest'utilissima invenzione; ed anzitutto diremo che essa contribuisce non poco a migliorare e rendere più sicuro l'esercizio delle ferrovie il quale — specialmente

su alcune linee di grande e continuo movimento — non avrebbe al certo potuto svilupparsi in modo da soddisfare ai crescenti bisogni della società se non avesse avuto il potente ausiliario.

Per rendersi conto dei sommi benefici che l'uso del telegrafo arreca all'esercizio delle ferrovie

(1) Dobbiamo però avvertire che sebbene il pantelegrafo si presti egregiamente alla trasmissione delle firme, pure non sarebbe al certo prudente effettuare questi pagamenti in base ad un semplice dispaccio pantelegrafico, quando anche il destinatario godesse del massimo credito, e ciò perchè l'amministrazione telegrafica trasmette bene con la massima fedeltà il *fac-simile* del dispaccio e quindi anche della firma scritta alla stazione di partenza, ma non può garantirne l'autenticità; la firma potrebbe essere abilmente imitata.

L'esatta riproduzione delle firme ha quindi, dal punto di vista bancario, importanza ben minore di quanto potrebbe sembrare a primo aspetto. I banchieri, prevenendo il caso di dover impartire telegraficamente ordini importanti ai loro corrispondenti, concertano preventivamente alle intese fra di loro, sia soltanto alcune parole convenzionali che vengono intercalate nel dispaccio ed interpretate solo da coloro che ne hanno la chiave, e così possono anche, col sistema Morse e Hughes, circondarsi d'ogni desiderabile garanzia.

basta riflettere che sulle linee ferroviarie ad un solo binario — come sono appunto, per la massima parte, le ferrovie italiane — l'unico binario è successivamente percorso da tutti i convogli: da quelli viaggianti in un senso e da quelli viaggianti nel senso opposto, dai celeri convogli dei passeggeri e dai lenti convogli delle merci, dai convogli ordinari e dai straordinari. Perciò prima di lasciar partire un convoglio da una stazione è prudente chiedere alla stazione prossima se il binario che le congiunge è sgombro, e lasciarlo partire solo dopo aver ricevuta risposta affermativa; questa pratica può essere ommessa trattandosi di convogli ordinari che partono esattamente all'ora prestabilita, ma è assolutamente indispensabile per i convogli in ritardo e per i convogli straordinari.

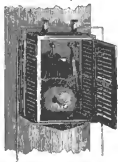


Fig. 202. INDICATORE DEI CONVOGLI.

Per prevenire i funestissimi scontri dei convogli e rendere attento il personale — delle singole stazioni — del prossimo arrivo d'un convoglio, molte amministrazioni ferroviarie collocano in ogni stazione una suoneria elettrica che ricevette il nome di *indicatore dei convogli* (fig. 202); un apposito filo telegrafico congiunge a due a due gli indicatori delle singole stazioni; ciascun indicatore comunica da una parte con questo filo telegrafico, dall'altra può esser messo in comunicazione — toccando semplicemente un bottone opportunamente predisposto — col polo-rame di apposita pila locale. Il polo-zinco di questa pila comunica con la Terra. Quando il convoglio, parte dalla prima stazione della linea, un incaricato preme il bottone dell'indicatore e con ciò chiude il circuito; da quest'istante l'elettricità passa nell'in-

dicatore, percorra il filo e giunge nell'indicatore della seconda stazione, entrambi gli indicatori entrano in azione e continuano a suonare fino a che il convoglio è arrivato nella seconda stazione; allora un incaricato interrompe il circuito isolando il filo che dall'indicatore dirigevasi alla Terra, e con ciò rende silenziosi entrambi gli indicatori; questo silenzio avverte la prima stazione che il convoglio è felicemente arrivato nella seconda; l'incaricato che trovavasi nella prima, toglie allora la comunicazione fra l'indicatore e la pila, mentre quello che trovavasi nella seconda stazione, ristabilisce la comunicazione dell'indicatore con la Terra. Quando il convoglio sta per abbandonare anche la seconda stazione, un incaricato invia la corrente elettrica nell'indicatore della terza il quale incomincia ad agire e fa sentire il suo monotono ma efficace tintinnio fino a che il convoglio è arrivato. Le descritte operazioni vengono successivamente ripetute in tutte le stazioni per le quali transita il convoglio e così esso non giunge inaspettato in nessuna di esse ed il personale delle medesime ha quindi tutto il tempo necessario per predisporre ogni cosa e sgomberare il binario, destinato all'arrivo, dai convogli, dalle vetture o dai carri che eventualmente lo occupassero.

Talvolta la chiusura del circuito che mette in azione la suoneria dell'indicatore verso il quale dirigesì il convoglio è ottenuta automaticamente: a tale scopo una delle rotaie costituenti il binario — in un punto distante circa un chilometro dalla stazione — è collocata in maniera che al passaggio del convoglio il circuito si chiude; allora la corrente percorre il filo che va a terminare nella suoneria e la fa agire. Questa disposizione è particolarmente raccomandata per le stazioni collocate in curva poichè — generalmente — in queste non è possibile accorgersi dell'approssimarsi d'un convoglio senonchè all'ultimo momento.

L'elettricità serve pure a controllare ed a semplificare la manovra dei *dischi-girevoli* (1) collocati all'ingresso delle stazioni; molte volte le curve della ferrovia, le nebbie od altre cause impediscono al manovratore di riconoscere se il disco occupa la posizione voluta, ossia, come dicesi comunemente, *se il disco è fatto*. Ogni dubbio svanisce ricorrendo all'elettricità, congiungendo cioè il disco con apposita suoneria elettrica.

(1) Vedi Vol. II, pag. 282.

collocata presso al manovratore, disposta in modo da vibrare solo quando il disco è diretto di traverso; il che si ottiene facilmente impiegando un commutatore che interrompe o stabilisce un circuito elettrico a seconda che il disco è diretto parallelamente o perpendicolarmente al binario. Questo commutatore si compone d'una lamina flessibile d'acciaio fissata sull'albero del disco in faccia ad un isolatore di porcellana sormontato da un anello metallico congiunto, mediante filo conduttore, ai rocchetti d'una suoneria elettrica collocata presso alla leva di manovra. Le cose sono disposte in modo che la lamina d'acciaio va a toccare l'anello ogni qualvolta il disco è diretto trasversalmente e quindi indica che il binario è ingombro; ora, il filo costituente i rocchetti elettro-magnetici della suoneria, è congiunto col polo-rame d'apposita pila, mentre il polo zinco della stessa è in comunicazione con la Terra, come è in comunicazione con la Terra — grazie all'albero metallico del disco, piantato nel suolo — anche la lamina flessibile d'acciaio, questa lamina adunque, toccando l'anello, chiude il circuito, l'elettricità lo percorre e mette in azione la suoneria; questa ridiventa silenziosa quando, manovrando il disco — mediante la leva ed il filo tenditore — si obbliga l'albero e con esso il disco e la lamina d'acciaio a compiere un quarto di giro; allora cessa il contatto fra la lamina e l'anello ed il circuito rimane interrotto.

Un sistema consimile permette di riconoscere se le sbarre levatoie mobili a distanza, che chiudono i passaggi a livello (1) sono realmente abbassate quando è prossimo l'arrivo d'un convoglio.

Ricorrendo all'elettricità si può anche sopprimere i fili tenditori e sostituirvi — come fece un valente ingegnere francese, il signor Marqfoy — un filo telegrafico che, staccandosi da una pila collocata presso al manovratore, giunge alla base dell'apparato che si vuol manovrare a distanza (disco, sbarra, aghi degli scambi) e termina in un'elettro-calamita; lanciando in quel filo una

corrente elettrica, l'elettro-calamita agisce e fa scattare un meccanismo d'orologeria il quale determina il desiderato movimento nell'apparato; quando il movimento ebbe effetto, un commutatore, opportunamente collocato, chiude un circuito e fa inclinare un ago indicatore collocato in evidenza nella stazione, ed avvisa così che la manovra fu scrupolosamente eseguita. Questi congegni elettrici sono disposti in modo che nè l'elettricità atmosferica, nè guasti accidentali non possono mai obbligare nè il disco nè le sbarre mobili ad occupare la posizione corrispondente a binario sgombro.

E qui dobbiam pur menzionare l'apparato di *controleria per gli scambi* ideato dal signor Maroni, ingegnere capo dei telegrafi nell'amministrazione ferroviaria dell'Alta Italia. Quest'apparato che funziona egregiamente da più d'un anno nella stazione di Torino e che recentemente fu applicato in via d'esperienza a tutte le stazioni della linea Alessandria-Piacenza, riproduce — grazie ad un ingegnoso sistema di circuiti elettrici — nella stanza del Capo-stazione, un'immagine fedele della posizione effettivamente occupata dagli aghi dei principali scambi della stazione; qualsiasi manovra eseguita negli aghi d'uno scambio è nello stesso istante indicata dall'apparato; così si riconosce a colpo d'occhio se i singoli scambi occupano le posizioni volute per la sicurezza dell'esercizio e nel caso contrario si ha mezzo di accorgersene in tempo per evitare le funeste conseguenze d'una falsa manovra.

Fino dal 1855, il compianto Bonelli ideava un *telegrafo delle locomotive* che permette ai convogli viaggianti di mantenersi in corrispondenza telegrafica tanto con le vicine stazioni quanto ancora con altri convogli viaggianti sullo stesso binario e permetterebbe persino a due convogli di viaggiare in direzioni opposte percorrendo entrambi lo stesso binario senza tema di incontrarsi improvvisamente. Ecco in che consiste l'ingegnosa disposizione ideata dall'inventore: Ciascun convoglio è provveduto di tutti gli apparati necessari ad una stazione telegrafica; dei due poli della pila, l'uno comunica con la Terra — passando per l'asse e la ruota della vettura e da questa nella sottostante rotaia adagiata sul suolo — l'altro polo comunica, mercè una spazola di filo di ferro, che si abbassa dalla vettura (che si potrebbe dire *ambulante telegrafico*) e che giunge a contatto d'un robusto filo telegrafico,

(1) Come è noto, i passaggi a livello sono tratti di ferrovia intersecati, nello stesso piano, da una strada ordinaria. Per prevenire le funeste conseguenze cui si andrebbe incontro se vettura o pedoni transitassero sulla ferrovia nell'istante in cui sopraggiunge un convoglio animato da grande velocità, si impedisce il transito sul passaggio a livello, chiudendolo ai due lati alcuni minuti prima del passaggio del convoglio, con cancelli o sbarre; queste possono essere alzate ed abbassate (aperte o chiuse), anche a più centinaia di metri di distanza, mediante un sistema di leve e fili tenditori.

isolato dal suolo e disposto in mezzo al binario per tutto il tratto compreso fra due stazioni successive, i due capi di questo filo comunicano con gli apparati telegrafici delle stesse. Ecco dunque che un dispaccio lanciato da uno dei due convogli, quand'anche entrambi viaggiassero a grande velocità ed in opposta direzione, giungerebbe regolarmente nell'altro convoglio e si renderebbe manifesto nel ricevitore, come se quest'ultimo in luogo d'esistere in un convoglio viaggiante a tutto vapore fosse immobile in una stazione. Risulta quindi manifesto che il personale che si trova nei due convogli può corrispondere telegraficamente e potendosi trasmettere da un convoglio all'altro la notizia della località in cui si trova ciascuno di essi, entrambi potranno lasciarsi correre in opposta direzione fino a che la distanza che li separa si riduce al limite minimo di due chilometri al di là del quale non sarebbe prudente l'inoltrarsi senza moderare la velocità delle locomotive.

Quest'invenzione fu dapprima accolta con grande entusiasmo ma poi cadde a poco a poco poichè si riconobbe che la sicurezza dei convogli è molto meglio tutelata obbligando i singoli impiegati ad un'assidua e diligente vigilanza anzichè lasciando che credano completamente rimossi tutti i pericoli. La docile elettricità si piega invero a tutte le esigenze degli inventori, ma fatalmente il buon esito dei loro congegni, eccellenti in teoria, dipende sempre dallo stato in cui questi si trovano, e siccome sono delicati e facili a guastarsi e sono adoperati assai di rado e solo in casi eccezionali, così non è improbabile che riescano inetti appunto nel momento del maggior bisogno. La

scrupolosa osservanza dei regolamenti e il geloso impiego del telegrafo da stazione a stazione sono i veri rimedi sovran per evitare i funestissimi scontri dei convogli.

Passando nel campo scientifico troveremo che svariatissime e quasi infinite sono le applicazioni scientifiche della telegrafia elettrica. Ci limiteremo ad accennarne alcune delle più importanti; a queste appartiene certamente l'esatta determinazione delle longitudini geografiche (1) dei vari punti della Terra, arduo problema per le generazioni passate, facilissimo per la nostra; basta infatti congiungere successivamente a due a due, mediante linea telegrafica, i punti dei quali si vuol determinare la longitudine, incominciando da quello che fu assunto per *origine*; ciascuna di queste stazioni dev'essere dotata d'un buon cronometro regolato in base ad accurate osservazioni astronomiche, come sono appunto quelli che esistono negli osservatori. Presso a ciascun cronometro c'è apposito incaricato; l'uno dei due, premendo il tasto d'un manipolatore, invia all'altra stazione una corrente elettrica nel preciso istante in cui il cronometro della prima segna esattamente il mezzodì; nell'istesso istante, l'incaricato che trovasi alla seconda stazione, avvertito, mercè una suoneria od in altro modo, del passaggio della corrente, nota accuratamente l'ora in quell'istante indicata dal suo cronometro. Egli conosce allora di quanto il mezzodì della prima stazione anticipa o ritarda rispetto al mezzodì della seconda stazione e con semplicissimo calcolo aritmetico determina la differenza di longitudine fra le due stazioni.

(1) Dicasi equatore un circolo del quale si concepisce divisa la due parti eguali in superficie della Terra, e distanti pari dal due poli; dicasi meridiano, d'un punto qualunque della Terra, il piano condotto per questo punto e per due poli, questo piano riesce perpendicolare al piano dell'equatore e divide similmente la Terra in due parti eguali; dicasi primo meridiano quello passato pel punto della Terra assunto per origine; dicasi infine longitudine d'un luogo l'angolo — formato dal meridiano di questo luogo col primo meridiano — misurato sull'arco d'equatore compreso fra questi due meridiani. Per indicare le longitudini dei vari punti della Terra, si convenne di dividere l'equatore in 360 parti eguali, che dicasi gradi, e di contare da 0 a 180 tanto ad oriente quanto ad occidente dal primo meridiano, perciò le longitudini si distinguono in orientali ed occidentali, si convenne di indicare le prime col segno +, le seconde col segno —.

Tutti i punti della Terra dotati d'eguali longitudine, ossia esistenti sullo stesso meridiano hanno il mezzodì nel medesimo istante e siccome, grazie al movimento diurno della Terra, ogni punto della stessa ha due mezzodì ad ogni 24 ore, così si può facilmente riconoscere che due punti esistenti su meridiani diversi, hanno, nel medesimo istante, ore diverse, e questa diversità è tanto maggiore quanto più

grande è la differenza di longitudine fra quei due punti. Se questa è espressa da 15°, uno di quei due punti ha mezzodì, mentre l'altro ha le undici del mattino, ovvero la sua pomeridiana, secondo che si trova ad occidente o ad oriente del primo. Se la differenza di longitudine ascende a 30°, la differenza indicata dai cronometri dei due luoghi, sarà di due ore, una differenza di 1° corrisponderà ad un intervallo di 4 minuti, la differenza d'un sessagesimo di grado, indicata da 1°, corrisponderà all'intervallo di 4 secondi e così via. Ecco dunque che, conoscendo l'ora segnata nel medesimo istante da due cronometri collocati in luoghi diversi, si può, dalla differenza delle loro indicazioni, stabilire esattamente la differenza di longitudine fra quei due luoghi. Così ad esempio, se nell'istesso istante in cui il cronometro dell'osservatorio di Parigi segna il mezzodì, quello dell'osservatorio di Roma segna circa 43 minuti e 35 secondi dopo mezzodì, si conclude che la longitudine dell'osservatorio di Roma, rispetto a quella dell'osservatorio di Parigi, è di circa + 10° 45' 15" e se nel tempo stesso il cronometro dell'osservatorio di Londra indica circa 11 ore 50 minuti e 15 secondi, si conclude che la longitudine dell'osservatorio di Londra, è espressa da circa — 1° 30' 15" prendendo ancora, per origine delle longitudini, il meridiano dell'osservatorio di Parigi.

Si potrebbe raggiungere l'intento anche senza dipendere dall'osservazione, non sempre scrupolosa, degli Incaricati, predisponendo le cose in modo che la chiusura del circuito e quindi l'invio della corrente si verifici automaticamente nell'istante preciso in cui il cronometro della prima stazione segua esattamente mezzodì, il cronometro della seconda stazione dovrebbe essere invece disposto in modo da arrestarsi istantaneamente al giungere della corrente elettrica; si conoscerebbe quindi con la massima esattezza la differenza di tempo fra i due cronometri, ispezionando pacatamente, la posizione in cui si arrestarono gli indici del secondo cronometro (1).

Altrevolte interessa determinare scrupolosamente la precisa durata di qualche fenomeno; allora, mediante qualche artificio si procura che quel fenomeno del quale si vuol determinare la durata, nel cominciare apra il circuito d'una pila, e nel finire lo richiuda. L'apertura del circuito lascia in libertà gli indici d'un orologio opportunamente predisposto — il quale, in tal caso, prende il nome di *cronoscopio* —; la chiusura del circuito arresta istantaneamente il movimento degli indici. Per esempio si può conoscere a questo modo il tempo impiegato da un grave nel cadere da determinata altezza, o il tempo impiegato da una palla, lanciata da un cannone, nel varcare lo spazio che corre fra quest'ultimo ed il bersaglio.

Grazie alla telegrafia elettrica le principali stazioni meteorologiche d'Europa riferiscono quotidianamente alla stazione meteorologica centrale a Parigi le indicazioni relative alla temperatura, alla pressione atmosferica, allo stato del cielo, alla forza e direzione del vento. Lo spoglio di queste osservazioni, saggiamente coordinate, permette di formulare attendibili pronostici sui più importanti fenomeni atmosferici che potranno verificarsi uno o due giorni dopo. Questi prono-

stici vagono giornalmente pubblicati, per cura dell'Osservatorio di Parigi, nel *Bollettino internazionale*, al quale chiunque può abbonarsi come a qualsiasi altro periodico. È questo un preziosissimo giornale particolarmente pel marinaio, per l'armatore, per l'agricoltore.

L'annuncio dell'avvicinarsi delle burrasche telegraficamente comunicato, molte ore a persino uno o due giorni prima, nei porti e lungo la costa (Vedi vol. II, pag. 19) permette ai naviganti di prendere le necessarie disposizioni precauzionali e così possono evitare quei gravissimi infortuni ai quali fatalmente sono esposti quanti — trovandosi con la nave in un porto poco sicuro o lungo una costa — vengono improvvisamente assaliti dalla burrasca. E qui dobbiamo ricordare con compiacenza che il merito dell'applicazione della telegrafia elettrica alla meteorologia ed agli avvisi delle burrasche spetta a due illustri fisici italiani: il professor Zantedeschi già precedentemente ricordato, ed il padre A. Secchi, direttore dell'Osservatorio del Collagio Romano. Il Zantedeschi (1), proponeva, fino dal 1849, ai ministri austriaci in Vienna di trar partito dalle osservazioni delle correnti elettriche nei lunghi fili telegrafici per pronosticare i perturbamenti atmosferici particolarmente nell'interesse della navigazione; il padre Secchi (2) fu il primo a formulare un piano scientifico di trasmissione telegrafica meteorologica, ed allo stesso sono pure dovute la circolari dirette a professori di Ferrara, Bologna, Ancona e Perugia, per quest'interessantissimo scopo. La prima trasmissione telegrafica delle osservazioni meteorologiche da Bologna ed Ancona a Roma, porta la data del 26 giugno 1856. Con decreto del 26 giugno 1856 il ministro pontificio Milesi dichiarava governativa l'impresa meteorologica a ne nominava direttore il Secchi. Fu questo il primo telegrafo meteorologico-governativo a sistema fisso a regolare che sia stato stabilito in Europa. Nello stesso anno sorse a Parigi per cura del grande astronomo La Voisier, l'Osservatorio meteorologico centrale, verso il quale, come si è già detto, convergono giornalmente le notizie meteorologiche dalle principali stazioni d'Europa.

La telegrafia elettrica può del pari recare immensi beneficii preavvisando le piene dei fiumi e

(1) Come abbiamo detto altrove, la trasmissione della corrente da un capo all'altro d'un lungo filo telegrafico, non è assolutamente istantanea, ma richiede un periodo brevissimo sì, ma non del tutto trascurabile, quando, come nel caso qui sopra accennato, conviene tener conto anche delle minime frazioni di tempo, perciò nella rigorosa determinazione delle longitudini per mezzo dell'elettricità, è necessario tener calcolo del ritardo che essa incontra percorrendo la linea telegrafica, ritardo che si può conoscere sperimentalmente in modo molto ingegnoso, che duolci non poter esporre per non varcare i limiti imposti per questo volume, il ritardo varia a seconda della qualità del conduttore e della sua lunghezza, dipende inoltre dall'energia della pila. Per una linea telegrafica ordinaria, lunga 575 chilometri, percorsa da una corrente provvista da 60 coppie di Bunsen, il ritardo osservato fu di 3 centomillesimi di minuto secondo, stenteremo su quest'argomento parlando della telegrafia sottomarina

(1) Vedi *Atti dell'Istituto veneto di Scienze, Lettere ed Arti*, vol. X, serie III.

(2) Vedi *Bollettino della Correspondenza scientifica da Roma per l'avanzamento delle Scienze*, anno IV, a. 7-8.

dei torrenti; il loro corso, per quanto rapido, è incomperabilmente più lento della corrente elettrica: l'annuncio dell'approssimarsi d'una piena, comunicato dalle stazioni superiori alle stazioni inferiori, può giungere ancora in tempo per raccogliere operai e materiali per costruire difese, rialzare e rinforzare argini, in generale per adottare provvedimenti atti a prevenire o per lo meno a mitigare le disastrose inondazioni.

Nelle grandi città, i singoli corpi di guardia dei pompieri sono congiunti telegraficamente con un ufficio centrale; in caso d'incendio, si può quindi prontamente trasmettere gli ordini opportuni ai singoli corpi di guardia e concentrare rapidamente, nel punto minacciato, il necessario numero d'uomini e d'attrezzi. L'importanza di questa disposizione non sfuggirà certo a quanti sanno che in quest'argomento l'efficacia del soccorso dipende per la massima parte dalla prontezza nell'apprestarlo. È desiderabile che l'esempio delle grandi città venga imitato anche dalle città minori, quando la loro configurazione suggerisce l'impianto di più stazioni di pompieri, necessariamente disposte l'una dall'altra.

Per tutelare alcuni importanti edifici dal pericolo d'incendio, si potrebbe stabilire nell'interno dei medesimi, un gran numero di piccoli termometri elettrici, congiunti telegraficamente con un ufficio centrale. Ogni anormale aumento di temperatura basterebbe a chiudere un circuito e provocherebbe una suoneria, od in altro modo, indicherebbe immediatamente, al personale di guardia, la presenza del pericolo, e così il piccolo incendio verrebbe facilmente spento fin dal suo nascere.

In alcune città la telegrafia elettrica è impiegata ad animare e mantenere in perfetta armonia con un orologio normale, un gran numero di quadranti od *orologi elettrici* provvisti di indici d'ore e minuti, come gli orologi ordinari, ma privi dell'interno meccanismo. Questi quadranti, distribuiti in molti punti della città, in-

dicano tutti l'identica ora seguita dall'orologio normale, il quale è animato dallo svolgimento d'una molla o dalla discesa d'un peso, come ogni altro orologio. L'orologio normale è congiunto mediante fili conduttori — comunicanti con una pila — con ciascuno di quei quadranti; la corrente lanciata dall'orologio normale, arriva in essi, cessa e ricompare successivamente ad eguali intervalli e stabilisce od interrompe un circuito elettro-magnetico, grazie al quale, l'indice del quadrante elettrico, progredisce successivamente di spazi uguali. L'orologio normale è paragonabile ad un manipolatore automatico, perchè sta-

bilisce od interrompe, automaticamente, l'invio della corrente nei singoli quadranti, ciascuno dei quali è provveduto d'apposito ricevitore, collocato, come ben si comprende, posteriormente al quadrante. Varii sono i sistemi proposti a tale scopo; ci limiteremo ad indicare il seguente: un'elettro-celamita B (fig. 204) è collocata in faccia ad un'ancora di ferro dolce P, mobile inferiormente intorno al perno a; le successive chiusure ed interruzioni del circuito, imprimono all'ancora P una continua oscillazione intorno al perno a, le oscillazioni di quest'ancora, opportunamente trasmesse mediante una leva r ed un



Fig. 203. ANGELO SECCHI.

nottolino n, fanno girare la ruota dentata A, l'asse della quale è provveduto d'un rocchetto D che ingrana nei denti d'una ruota dentata C sull'asse della quale è fissato l'indice dei minuti; mediante un rocchetto ed una ruota dentata, opportunamente disposti, si può imprimere a quest'ultima — sul cui asse è fissato l'indice delle ore — un movimento dodici volte più lento di quello della ruota C, e così, mentre quest'ultima e l'indice ad essa applicato, compie dodici giri, l'altra col secondo indice ne compie uno solo, come dev'essere, affinché quest'ultimo possa indicare le ore e l'altro i minuti. La perfetta regolarità nel movimento degli indici dipende evidentemente dalla regolarità delle oscillazioni dell'ancora di ferro dolce, P;

si ottiene questa regolarità, magnetizzando e smagnetizzando alternatamente, ad intervalli perfettamente eguali, i rochetti elettro-magnetici B. Le chiusure ed interruzioni di circuito, a tal uopo necessarie, sono provocate dalle oscillazioni del pendolo dell'orologio normale; perciò le oscillazioni dell'ancora P sono in perfetta concordanza con quelle del pendolo normale; le regolari oscillazioni dell'ancora comunicano, come si è già detto, un moto perfettamente uniforme alle ruote dentate A, C e quindi agli indici che percorrendo il quadrante segnano le ore e i minuti.

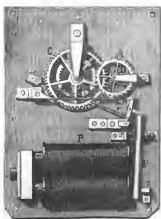


Fig. 204. OROLOGIO ELETTRICO.

Passando ad un altro ordine di applicazioni della telegrafia, chi non conosce i quotidiani servizi ch'essa presta agli Stati, alla società, ai singoli individui, per la mirabile prontezza nella trasmissione delle notizie? la sicurezza generale dello Stato, tanto dal punto di vista politico, quanto dal punto di vista militare, dipendono in gran parte dalla prontezza del telegrafo. La sicurezza pubblica, trova in esso un potente ausiliario, per chiedere ed ottenere nel giro di poche ore importanti informazioni, per assicurare alla giustizia i colpevoli che credono sfuggirla, abbandonando il teatro dei loro reati; molte volte la trasmissione telegrafica dei connotati d'un malfattore, permise di arrestarlo nell'istante del suo arrivo in altra città. Sarebbe superfluo parlare dell'utilità dei telegrafi, dal punto di vista individuale, poichè essa è troppo evidente e balza agli occhi di tutti; chi non ebbe occasione di benedire questo meraviglioso trovato che fa scomparire le distanze, che vi pone in grado di ricevere, ancor calda d'affetto, qualche sospirata notizia da un parente, da un amico lontano?

Prima di chiudere quest'incompleto abbozzo delle applicazioni della telegrafia, crediamo opportuno accennare l'enorme sviluppo ch'essa ricevette in altri paesi e far voti che altrettanto possa verificarsi nel nostro; l'esempio dato dall'America Settentrionale, fu seguito in Inghilterra, ed in Svizzera, in questi paesi non vi ha città, villaggio o borgata che non possieda stazione telegrafica; le città ne hanno parecchie, collocate sulla periferia, congiunte tutte fra loro e con l'ufficio centrale; in luogo di inviare un commesso a recapitare un biglietto da un capo all'altro della città, si invia un dispaccio elettrico, con tenuissima spesa e con sensibile risparmio di tempo; ma vi ha di più, ognuno può avere a sua disposizione una linea telegrafica privata che gli permette di corrispondere direttamente con chi gli talenta, dall'abitazione di città a quella di campagna, dall'ufficio al fondaco o all'officina e va dicendo.

A Londra, ove lo sviluppo della telegrafia privata assunse proporzioni straordinarie, sonvi compagnie di capitalisti che appigionano singoli fili in corrispettivo d'un annuo canone, proporzionale alla lunghezza del filo appigionato; cinquantina fili accuratamente isolati e poi riuniti, e ricoperti da vernice isolante di gutta perca e catrame, costituiscono una fune telegrafica. Le funi così costrutte, vengono collocate sopra appositi sostegni isolanti piantati sui tetti delle case; le singole funi, misurano in lunghezza circa 1500 metri, esse s'incrocicchiano in modo da formare dei triangoli equilateri; i sostegni corrispondenti ai punti di incrocicchiamiento, servono a mantenere le singole funi nella debita tensione, e, nel tempo stesso, permettono di congiungere a due a due i capi dei fili provenienti da due funi diverse; e permettono infine di estrarre, da una data fune, un filo determinato, per dirigerlo poscia verso una stazione particolare. Grazie a queste disposizioni, gli uffici dei grandi industriali di Londra, sono congiunti alle abitazioni, alle officine stabilite nei sobborghi, ai magazzini esistenti nei docks; i grandi giornali comunicano con le agenzie telegrafiche, col Parlamento, con la Borsa, ecc. È facile l'immaginare quanto sieno utili queste rapidissime comunicazioni per coloro che, apprezzando l'enorme valore del tempo, cercano di sciuparne quanto meno è possibile.

LA TELEGRAFIA SOTTOMARINA.

I.

Primi tentativi. — Difficoltà d'ottenere un isolamento efficace. — La gutta-perca. — Funi telegrafiche fra Francia e Inghilterra, fra Inghilterra ed Irlanda. — Cautela per la fabbricazione e l'immersione delle funi telegrafiche. — Recupero delle funi telegrafiche precipitate in fondo al mare. — Sviluppo della telegrafia sottomarina.

Quando le comunicazioni telegrafiche incominciarono a svilupparsi sui continenti, si riconobbe da tutti la convenienza di estenderle anco alle isole, di attraversare, coi fili telegrafici, bracci di mare più o meno ampi. Tuttavia per molti anni queste idee furono reputate inattuabili. La teoria dimostrava invero che sarebbe stato possibile stabilire comunicazioni elettriche attraverso all'acqua dolce o salza, poichè ad onta della di lei conduttività, ben maggiore di quella dell'aria che circonda le linee sospese, si può sempre impedire la dispersione dell'elettricità, circondando il filo telegrafico, per tutta la lunghezza del tratto subacqueo, con una camicia isolante. Ma la difficoltà pratica era grandissima, poichè le sostanze che sembravano idonee a formare questa camicia, erano, o molto dispendiose o di poca durata. La gomma elastica, che isolava egregiamente l'elettricità nei fili aerei, ha il duplice inconveniente d'essere costosa e di alterarsi rapidamente quando è immersa nell'acqua.

Un primo tentativo, suggerito dall'inglese Wheatstone, nel 1840, per rinviare l'Inghilterra col continente europeo, immergendo un filo telegrafico fra Douvres e Calais, non poté avere effetto per la rilevante dispersione presentata dal conduttore ch'ei proponeva. Nel 1846, il maggiore americano Colt, l'inventore delle pistole a rotazione, stabiliva un primo filo subacqueo, attraverso al fiume, fra Nuova York e Brooklyn. Questa linea telegrafica, sebbene brevissima, riusciva non poco dispendiosa poichè il filo, rivestito di gomma elastica, che rapidamente alteravasi, doveva essere frequentemente rinnovato.

Il problema della telegrafia subacquea poté finalmente ricavarne una felice soluzione, quando, nel 1849, si incominciò a conoscere ed apprezzare in Europa, particolarmente per merito del sig. Montgomery, chirurgo di Singapore, il succo

ormai conosciuto col nome di *gutta-perca* (1), d'un albero, l'*Isopandra gutta*, che cresce in gran copia nelle isole dell'Oceania e dall'Arcipelago Indiano. La gutta-perca è un ottimo isolatore dall'elettricità, non si altera a contatto dagli acidi, degli alcali, delle soluzioni saline, l'acqua di mare non riesce ad intaccarla. Si comprende facilmente quanto questa sostanza sia preziosa per la telegrafia sottomarina, riflettendo che un filo metallico, rivestito di gutta-perca, conserva indefinitamente il suo potere conduttivo, e la corrente elettrica non subisce dispersione alcuna, anche se il filo, così rivestito, rimane costantemente immerso nell'acqua.

Non appena si incominciò ad apprezzare l'importanza della gutta-perca, dal punto di vista della telegrafia sottomarina, il progetto di rinviare Douvres a Calais, fu nuovamente accarezzato; il fisico Brett ne chiese ad ottanta la concessione; costituì una società per azioni e fece approntare un filo di rame lungo 45 chilometri, completamente rivestito da una camicia di gutta-perca grossa circa 6 millimetri; l'immersione ebbe luogo il 28 agosto 1850, partendo da Douvres. La sera stessa un dispaccio elettrico inviato dalla sponda francese, annunciava la felice riuscita dell'operazione; l'Inghilterra era ormai congiunta ai continenti europei! Ma fatalmente la gioia derivante da quest'annuncio, durò ben poco; un dispaccio inviato da Douvres restò senza risposta, il tele-

(1) La gutta-perca, all'ordinaria temperatura, ha consistenza simile a quella del cuoio intorno alla temperatura di + 40° essa diviene pastosa. A 60° è molle e plastica: si può laminarla in sottilissime foglie, trasformarla in fili; premendola in forme esse ne ritrae fedelmente, come la cera, ogni più minuto particolare. Fondo alla temperatura di 180°, ma riacquista l'aspetto primitivo quando sia lasciata raffreddare. Fusa anzitutto, ossia mescolandola, e calda, con lo zolfo, essa acquista solidità lapidea, diviene inalterabile alle temperature inferiori a 100° ed è alla fusione; essa pesa il peso del legno e del cuoio nella fabbricazione d'un gran numero di strumenti e d'utensili industriali e domestici.

grafo rimase costantemente silenzioso; evidentemente il filo era rotto, ed infatti, all'indomani si riconobbe che la rottura era avvenuta presso alla costa francese, per mancanza di solidità nella camicia di gutta-perca. L'ingegnere inglese Crampion costituì una nuova Compagnia con 2,500,000 franchi di capitale e, treendo partito dall'esperienza fatta, fece fabbricare un robusto canapo telegrafico, composto di quattro cordicelle di canape e di altrettanti fili di rame, rivestiti ciascuno d'una camicia di gutta-perca, attortigliati e circondati da fili di canape, il tutto era poi circondato da fili di ferro, presentava un diametro di 32 millimetri, pesava chilogrammi 4,40 al metro. I due punti estremi prescelti per la nuova linea, furono, un banco di sabbia presso al villaggio di Sangatté, distante una lega e mezza da Cetais ed il capo Southerland, sulla costa inglese, a poca distanza da Douvres; l'estremità del canapo penetrava entro terra, percorrendo una piccola galleria sotterranea, che giungeva fin nel recinto dell'ufficio telegrafico; un pozzo scavato in esso, scendeva ad incontrare la galleria, permetteva quindi di raccogliere il canapo che venne congiunto stabilmente con gli apparati telegrafici.

Il 24 dicembre 1851 il canapo fu imbarcato a Douvres a bordo d'un piroscalo; la fig. 205, indica in qual modo si effettuò quest'operazione. All'indomani mattina, per tempesta, incominciò l'immersione. Il tempo era propizio, il mare tranquillo, tutto faceva presagire bene; quando si credeva quasi compiuta l'operazione, poichè il piroscalo trovavasi ad un solo chilometro di distanza dalla costa francese, si riconobbe che a bordo rimanevano pochi metri soltanto del canapo telegrafico. La lunghezza del canapo era stata calcolata troppo scarsamente. Sopravvenuta la notte, il mare cominciò ad essere agitato, la tensione della fune sbattuta dalle onde, minacciava di sommergere il piroscalo, convenne quindi rassegnarsi ad abbandonare il canapo per non compromettere l'esistenza dell'equipaggio. L'estremo del canapo che rimaneva a bordo, fu legato ad un gavitello e gettato in mare con poca insinga di poterlo poi ripescare. Si improvvisò allora con fili di rame un canapo snellempente, che fu ricoperto di pece e gutta-perca; questo lavoro assorbì due giorni, in capo ai quali si poté rinvenire e ripescare il gavitello cui era congiunta l'estremità del canapo sottomarino: se ne riunirono i fili con

quelli del canapo provvisorio, l'altra estremità di quest'ultima, approdò felicemente sulle coste francesi; subito dopo incominciò lo scambio di dispetti fra Douvres e Calais, la comunicazione telegrafica riescì perfettamente. Nei giorni successivi si fabbricò il necessario tratto di canapo definitivo e lo si sostituì al provvisorio, finalmente, al 31 dicembre ebbe luogo l'interessante cerimonia dell'inaugurazione del telegrafo sottomarino. La corrente elettrica lanciata dalla sponda francese diede il fuoco ad un cannone inglese a tale scopo predisposto e riunito alla fune telegrafica mediante apposito filo ausiliario, collocato sul bastione di Douvres. Poesia al stabilì una corrispondenza diretta fra l'ufficio telegrafico inglese di Douvres ed il gabinetto telegrafico nel ministero dell'interno a Parigi. Il buon esito dell'impresa fu festeggiato a Douvres in un solenne banchetto, cui presero parte i promotori.

Alcuni mesi dopo, si riconobbe l'utilità delle stazioni intermedie di Douvres e Calais; mediante nuovi lavori e convenienti disposizioni, ciascuno dei due capi del filo sottomarino, fu direttamente congiunto con una linea telegrafica aerea, diretta alla capitale. Quest'operazione poté essere ultimata il 1.º novembre 1852; da allora gli uffici telegrafici di Parigi e Londra, corrispondono fra loro direttamente, senza ricorrere a stazioni intermedie.

Il buon esito di questo primo telegrafo sottomarino, risvegliò in molti il pensiero di tentare imprese consimili. Ancor in quell'anno, 1852, l'Inghilterra fu congiunta all'Irlanda, mediante un canapo telegrafico lungo 103 chilometri, deposto nel canale di san Giorgio, fra Holyhead, sulla costa inglese, e Hoorth, sulla costa irlandese, nella baia di Dublino. Esso si componeva d'un unico filo di rame, circondato di gutta-perca e protetto esternamente da un'armatura di fili di ferro. Presso ai suoi due capi, cioè nei tratti più prossimi a terra, fu circondato da grossi fili di ferro per proteggerlo dal contatto degli scogli e dell'agitazione delle onde, ben più sensibile presso alla costa, anziché in alto mare. La comunicazione telegrafica, stabilita il 1.º luglio 1852, rimase interrotta tre giorni dopo. La rottura fu attribuita all'ancora d'un bastimento. Nell'ottobre dello stesso anno, si tentò di congiungere Donaghadee (Scozia) con Port-Patrick (Irlanda). A due terzi del viaggio, quando circa 16 chilometri di fune erano già immersi nel mare, una vio-

lentissima burrasca, obbligò a tagliare la fone. Nel maggio successivo, si riuscì ad immergere una nuova fune fra quei due punti. Nel giugno 1854, si ripescò la fune abbandonata nell'ottobre 1852 e si poté utilizzarla, poichè si ebbe la soddisfazione di riconoscere che, sebbene rimasta per quasi due anni in fondo al mare, pure aveva conservato inalterato il suo potere conduttivo, l'involucro isolante era ancora intatto; ciò fece pronosticare bene i futuri progressi della telegrafia sottomarina.

Frattanto era stata deposta (maggio 1853) una fune telegrafica, lunga 112 chilometri, pesante chilogr. 442 al metro, fra Douvres (Inghilterra) ed Ostenda (Belgio); l'impresa riuscì felicemente e la comunicazione telegrafica stabilita fra i due paesi, continuò a funzionare regolarmente. D'allora in poi le comunicazioni telegrafiche sottomarine si svilupparono assai rapidamente: fu stabilita una comunicazione telegrafica fra l'Inghilterra e l'Olanda; fra Nyborg e Korsør, nell'isola danese di Seeland, per la congiunzione di Copenhagen col continente; fra Varna e Costantinopoli e fra Varna e Balaciava, nel 1854, durante la guerra di Crimea; fra la Danimarca e la Svezia, attraverso lo stretto di Sund; fra la Spezia e la Corsica (25 luglio 1854), e fra la Corsica e la Sardegna (29 agosto 1854) con un canape formato di sei fili di rame, circondati ciascuno da una camicia di gutta-perca e poscia riuniti mediante canape incatramate, il tutto poi, rivestito da 12 fili di ferro disposti a spirale, presenta un diametro di circa 3 centimetri e pesa chilogrammi 5 al metro. L'anno successivo, anche la Sicilia fu congiunta telegraficamente con la nostra penisola. Nello stesso anno (1855), una società di capitalisti, tentò immer-

gere una fune telegrafica fra Cagliari e Bona (Algeris).

L'immersione incominciò il 23 settembre, all'indomani la fune si spezzò per l'enorme velocità con cui andava svolgendosi e precipitò in fondo al mare. Indagata la causa dell'infortunio, si riconobbe che il bastimento trovavasi allora sopra una profondissima vallata sottomarina, la cui esistenza non era stata prevista; con quella profondità non c'era alcuna speranza di ripescare la fune, convenne abbandonarla. Il tentativo fu rinnovato con una nuova fune nell'agosto 1856. Anche questa volta l'immersione incominciò da

Cagliari, progredì poi felicemente fino a che vi fu fune a bordo, ma questa venne a mancare a qualche distanza dalla costa algerina; mentre si allestivano gavitelli per salvarvi provvisoriamente l'estremità della fune, sopraggiunse una burrasca che ruppe la fune e così anch'essa precipitò in fondo al Mediterraneo. Un terzo tentativo eseguito nel settembre 1857, sortì esito meno infelice, la comunicazione telegrafica poté stabilirsi fra l'Europa e l'Africa; però, l'imperfetta struttura della fune, non garantì sufficientemente l'isola-

mento dei fili, i quali, in capo a due anni, divennero inetti alla trasmissione.

Nel 1856 furono stabilite comunicazioni telegrafiche subacquee: nel lago di Costanza, fra Friedrichshafen e Romanshorn (12 chilometri) e nel lago dei Quattro Cantoni fra Fiumen e Baden (6 chilometri); fra Pietroburgo e la fortezza di Kronstadt.

Nel novembre 1857, fu immerso un canape telegrafico fra Cagliari e l'isola di Malta (600 chilometri) e nel mese successivo fu stabilita la comunicazione telegrafica sottomarina, fra Malta e Corfù (650 chilometri).

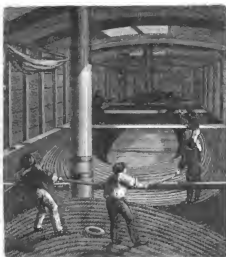


Fig. 319. IMMISSIONE D'UN CANAPE TELEGRAFICO NELL'INTERNO DELLA NAVE CHE EFFETUA L'IMMISSIONE.

Nel giugno 1858 si immerse una seconda fune attraverso allo stretto di Messina, fra la città di questo nome e Reggio di Calabria. In quell'anno le isole inglesi del canale della Manica, Aurigny, Guernsey e Jersey, furono riunite all'Inghilterra. La massima profondità incontrata non fu superiore ad 80 metri, perciò si poté impiegare una fune di piccolo diametro, 5 millim. circa. L'anno 1858 vide pure stabilite comunicazioni telegrafiche sottomarine, fra l'isola di Lesina (Dalmazia) ed Antivari (Albania) e fra l'isola di Ceylan e la penisola indiana, vide infine ripristinata la comunicazione fra Douvres e Calais, rimasta interrotta per pochi giorni per una rottura della fune, causata dall'ancora d'una nave.

Per rendersi conto, dice il Figuer, del quale attingiamo (1) queste notizie, delle molte cautele indispensabili tanto per la fabbricazione, quanto per l'immersione di una fune telegrafica sottomarina, convien riflettere alle molte cause che tendono a rompere la fune e che perciò suggeriscono di fabbricarla in modo che presenti peso e dispendio relativamente minimi, compatibilmente con la necessaria solidità; e di immergerla in guisa da preservarla dal pericolo di rottura.

Quanto maggiore è la profondità alla quale deve effettuarsi l'immersione tanto più lunga è la porzione di fune che rimane sospesa fra la poppa della nave ed il fondo del mare e tanto maggiore è lo sforzo di trazione che la porzione così sospesa, fra la nave ed il fondo del mare, esercita sulla porzione che rimane a bordo (o più precisamente su quella sezione della fune che si stacca dall'apparato che regola l'immersione); evidentemente la fune potrà reggere un tratto tanto più lungo e quindi potrà scendere a profondità tanto maggiori, quanto più grande sarà la resistenza che presenta ogni sua sezione. Convien poi osservare che manifestandosi qualche guasto nella fune è mestieri sospendere l'immersione e ripescare un tratto più o meno lungo della porzione già immersa, allora essa subisce uno sforzo considerevole se non è proporzionata in modo da resistervi, si spezza e precipita in fondo al mare. Per ultimo diremo che il fondo del mare non è piano, ma presenta prominenze ed avvallamenti simili a quelli che si incontrano sulla terra; sotto ai mari, sotto agli oceani sonvi — come sui continenti — alle montagne e profonde vallate; ben spesso il fondo è composto di nude rocce sulle quali la fune corre pericolo d'essere infranta. Qualora la velocità del bastimento non fosse mantenuta in piena armonia con la velocità che deve acquistare la fune nello svolgersi, per adagiarsi — in tutta la sua lunghezza — sul fondo del mare, un tratto di fune potrebbe rimanere sospeso sopra una vallata sottomarina appoggiandosi sulle cime dei due monti che la costituiscono; è manifesto che in tal caso la tensione cui sarebbe sottoposta la fune e quindi il pericolo di rottura sarebbe tanto

maggiore, quanto maggiore fosse la distanza fra i due punti di sospensione.

Quando l'immersione si effettua in acque poco profonde si può lasciare che la fune si svolga liberamente dalla poppa della nave, il peso proprio della fune ne determina l'immersione regolare di pari passo col movimento progressivo del bastimento. Ma nei mari profondi, specialmente quando la distanza dal fondo non è ben nota, il peso della porzione che rimane sospesa può raggiungere cifra rilevantissima, perciò è mestieri moderare, mediante apposito freno, la rapidità di avvolgimento e l'immersione della fune. Le difficoltà aumentano poi a dismisura quando il mare è agitato.

Notiamo ancora che l'enorme quantità di ferro impiegata nei fili protettori che trovansi a bordo della nave che effettua l'immersione della fune telegrafica, e la continua variazione che questa quantità subisce nel corso del viaggio produce tali perturbazioni nell'ago magnetico della bussola di bordo da renderla inetta al suo ufficio, perciò la nave contenente la fune dev'essere preceduta da un bastimento che — mantenendosi a qualche distanza dall'elemento perturbatore — indichi la via che convien seguire.

Quando, come nei casi superiormente accennati, si vuol ricuperare una fune abbandonata o spezzatasi in fondo al mare, si incomincia collo stabilire approssimativamente, mediante il galvanometro, in una delle due stazioni terrestri, nelle quali è situata una delle estremità della fune telegrafica, la distanza da questa stazione al punto in cui avviene la rottura. Si segna quindi sopra una carta idrografica, la strada percorsa dalla nave che effettua l'immersione di quella fune; poscia si va in battello a vapore ad un chilometro circa a destra ed a sinistra del punto in cui si presume possa trovarsi la fune. Si incomincia l'operazione gettando in mare un ancorotto a cinque uncini, due dei quali toccano necessariamente il fondo del mare. Si attacca all'ancorotto una catena di ferro, lunga venti metri all'incirca, per aumentare l'aderenza fra l'ancorotto ed il fondo del mare; per ultimo, all'estremità libera di questa catena, si lega una corda accavalcata sopra una puleggia solidamente fissata sul ponte del battello; e quindi si manovra in modo che il battello oltrepassi la linea lungo la quale si presume debba trovarsi la fune.

Si riconosce che gli uncini dell'ancorotto hanno finalmente incontrato la fune telegrafica in fondo al mare, quando la corda legata a bordo, rimane tesa, allora si incomincia a ritirare questa corda, sia a braccio d'uomini, sia con apposita macchina a vapore ausiliaria, procedendo però con gran lentezza per non strappare la fune. Quando si è riusciti ad impossessarsene, ritirandone a bordo un breve tratto, si cambia rotta (direzione della nave) e si procede nella stessa direzione percorsa la prima volta durante l'immersione; durante questa manovra, la porzione di fune telegrafica ritirata dall'acqua, viene immersa di bel nuovo, e la porzione più prossima al punto in cui avviene la rottura, giunge a bordo successivamente; questa seconda immersione deve effettuarsi con ogni cautela, poiché altrimenti la estremità libera della fune, quella cioè corrispondente al punto di rottura, verrebbe bensì a bordo, ma poi ri-

(1) Op. cit., Tom. II, pag. 195 e seg.

piomberebbe nell'acqua, e tutto il lavoro già fatto, andrebbe perduto; convien quindi moderare, mediante freni, l'immersione della fune ed impossessarsi anche dell'estremità libera. Ottenuto quest'intento, si sperimenta la conduttività elettrica della fune recuperata, ponendone i singoli fili in comunicazione con una pila e lanciando, con questa, delle correnti elettriche alla più prossima stazione telegrafica terrestre; verificata la perfetta conduttività della fune, se ne fissa un estremo sopra un robusto gavitello e lo si getta in mare; se poi la fune non presenta la necessaria conduttività nel punto in cui avvenne la rottura, bisogna retrocedere verso terra, fino a che si scopre la parte difettosa per ripararla.

Si ripete quindi la stessa operazione anche sull'altro tratto di fune, raccoltane l'estremità libera e verificata la perfetta attitudine a ben condurre la corrente elettrica, si saldano i singoli suoi fili di rame con quelli d'un nuovo tratto di fune, si riveste la saldatura con materia isolante e quindi si immerge gradatamente prima la vecchia poi la nuova fune, dirigendosi verso il gavitello; allora si porta a bordo l'estremità del primo tratto di fune, lo si riunisce, con le debite cautele, alla nuova fune e quindi si immerge il tutto assai lentamente per impedire che la fune si contorca o si avviiuppi.

La telegrafia sottomarina andò sempre più sviluppandosi negli anni successivi. La Sicilia fu riunita a settentrione con la Sardegna, a mezzogiorno con Tunisi; l'isola d'Elba con la costa toscana; Otranto, la città più orientale d'Italia, con Valona (Turchia); l'isola greca di Siracusa con Atene; Malta con Alessandria (Egitto) da una parte, con Tripoli (Barberia) dall'altra; le isole Baleari con la Spagna; il porto francese di Tolone con Ajaccio (Corsica); l'isola di Candia fu collegata con le tre parti del Vecchio Mondo: una fune la congiunse con l'isola di Chio e le coste europee dei Dardanelli, una seconda fune stabilì la congiunzione colla città di Smirne, sulla costa asiatica, finalmente una terza fune la unì ad Alessandria, sulla costa africana. Questa, per via terrestre, fu congiunta a Suez, estremo punto occidentale d'una fune sottomarina, lunga 5500 chilometri, che, percorrendo il mar Rosso, toccava il possesso inglese di Aden, quindi Mascate, sulle coste d'Arabia, attraversava l'Oceano indiano e terminava a Kurrachie nella penisola indiana; la cui punta meridionale fu congiunta alle grandi isole dell'Oceano indiano ed all'Australia.

Parecchie di queste linee subirono guasti più

o meno rilevanti, alcuni poterono essere riparati, altri si mostrarono troppo ribelli e fu mestieri abbandonare la fune in fondo al mare. Questa sorte toccò alle funi sottomarine da Tolone ad Ajaccio, dai Dardanelli per Chio a Candia; da Singapore a Batavia (880 chilometri); da Suez a Mascate ed a Kurrachie (India). L'importante comunicazione telegrafica fra l'Europa e l'India fu ristabilita nel 1864 con una linea continua, parte sottomarina, parte aerea, che si stacca da Costantinopoli, attraversa il Bosforo, la Turchia asiatica, passando per Aleppo, e la Persia, tocca Bagdad sulle sponde dell'Eufrate, segue il corso di questo fiume sino alle sue foci nel Golfo Persico, attraversa questo golfo, tocca l'isola d'Elphinstone, sulla costa orientale d'Arabia, e termina a Gwatter, sulla costa del Mekran (Beludscistan), donde staccasi una linea aerea, che raggiunge le possessioni anglo-indiane. Alla linea aerea da Gwatter, attraverso al Beludscistan, fu sostituita, nel 1865, una fune sottomarina, che, partendo da Gwatter, giunge direttamente alla stazione indiana di Kurrachie.

Dopo d'allora fu stabilita una seconda linea aerea che parte dalle foci dell'Eufrate, attraversa la Persia e giunge alla stazione russa di Tiflis, già congiunta alla rete telegrafica europea.

Finalmente, mentre scriviamo queste pagine (1870), gli Inglesi completano le loro comunicazioni telegrafiche con l'India mercò una linea che riposa in fondo ai mari lontani da qualunque insulto, da qualunque ingerenza ostile e congiunge direttamente l'Inghilterra con l'India; questa linea abbandona la costa inglese nel porto di Falmouth, tocca Gibilterra, Malta, Alessandria, Suez, Aden, Bombay, d'onde, passando per Singapore, raggiungerà l'Australia. Il buon esito di quest'ardua impresa, come recentemente leggevasi nel *Times*, è una sorgente di giusto orgoglio per gli Inglesi, poichè è esclusivamente dovuta all'iniziativa ed all'operosità inglese, ed è la conferma dell'impero dell'Inghilterra sui mari; essa si serve dell'immensa profondità degli oceani, come letto per adagiarvi i suoi legami che ormai mettono le parti più lontane del mondo in comunicazione istantanea e simpatica coll'Inghilterra.

II.

La telegrafia subacquea negli Stati Uniti. — Congiunzione del continente con Terranuova. — Primo progetto del sig. Cyrus Field per congiungere Europa e America. — Studi preliminari del fisico Maury. — Costruzione ed immersione della prima fune transatlantica. — Tentativi infruttuosi. — Ginea passeggera. — Perseveranza americana. — Costruzione ed immersione della fune del 1865. — Malveglia umana. — Tenacità di proposito del sig. Field. — Doppia comunicazione transatlantica stabilita nel 1866.

Fin da quando il Vecchio Mondo inaugurava le prime linee telegrafiche sottomarine, venivano stabilite al di là dell'Atlantico, comunicazioni subacquee fra le opposte sponde degli ampi fiumi e dei grandi laghi che intersecano i vastissimi territori degli Stati Uniti dell'America settentrionale; il buon esito di queste imprese e l'eco di quelle che andavano compendosi in Europa, indusse, nel 1852, alcuni capitalisti americani a costituirsi in Società per la congiunzione telegrafica di Terranuova col continente americano mediante tre funi da immergersi, l'una, da Nuova Brunswick all'isola del principe Edoardo, la seconda, da quest'isola al Capo Brettone e la terza, dal Capo Brettone a Terranuova. Ma dopo aver deposta la prima di queste funi, sul principio del 1854, la Società si sciolse. Nell'agosto 1856, si tentò riunire Terranuova al Capo Brettone, ma sopravvenne una tempesta che obbligò a tagliare la fune che andò quindi perduta. Una nuova corda poté alle fine venir immersa con buon esito fra il Capo Roy a Terranuova ed il Capo Nord nell'isola del Capo Brettone, che venne poi unita — mediante un'altra fune — alla Nuova Scozia. Sicché ormai il Nuovo Mondo era sensibilmente avvicinato all'Irlanda, già comunicante — attraverso l'Inghilterra — col continente europeo. Tuttavia per stabilire la giunzione telegrafica dei due Mondi era mestieri superare l'enorme distanza di 3100 chilometri che separa Terranuova dall'Irlanda.

Un ricco capitalista americano, il signor Cyrus Field degli Stati Uniti, si propose fino dal 1854 di mandare ad effetto questo grandioso progetto; ei consultò in proposito l'illustre fisico Maury, allora semplice tenente nella marina americana, e ne ebbe confortanti informazioni; il Maury aveva già studiato l'argomento ed in base ad una numerosa serie di scandagli eseguiti fra Terranuova e l'Irlanda aveva riconosciuto che il fondo dell'Atlantico è — in quell'intervallo — atto a ricevere e conservare inalterati i fili telegrafici; è sufficientemente profondo per riparare i fili, già

immersi, dagli urti delle ancore, dei ghiacci o d'altri corpi galleggianti, e tuttavia l'altezza dell'acqua non è tanto considerevole da opporre seri impedimenti all'immersione della fune. Ei riconosceva bensì che l'operazione avrebbe presentato non poche difficoltà, ma riteneva che a forza di ingegno e di perseveranza sarebbe stato possibile superarle. Queste parole infusero novello ardore nel ricco ed intelligente capitalista, il quale perorò abilmente in più *meetings* la causa del telegrafo transatlantico e riuscì a costituire, sul cadere del 1856, una compagnia col capitale di 8,750,000 franchi, divisa in 3,500 azioni, egli si iscrisse per 880 azioni e quindi per 2,200,000 franchi; il governo inglese assicurò alla Compagnia un reddito minimo del 4 per cento da pagarsi fino a che i prodotti annuali non avessero superato il 6 per cento del capitale impiegato; l'esempio del governo inglese fu imitato dal Congresso degli Stati Uniti e così l'impresa poté procedere spedatamente.

I punti estremi prescelti furono Valentia sulla costa irlandese, e San Giovanni sul banco di Terranuova. La lunghezza della linea minima tracciata fra questi due punti sulla superficie del globo misurò 3,100 chilometri, tuttavia tenendo calcolo degli avvallamenti e dei dossi del fondo dell'Oceano e delle deviazioni dalle linee dirette che inevitabilmente si sarebbero verificate durante il lungo tragitto, fu deciso di approntare una fune lunga 4,100 chilometri. La fabbricazione di questa fune ebbe principio nel febbraio 1857 e poté essere compiuta nel luglio dello stesso anno. Il modello adottato per la fune componevasi di sette fili di rame, ciascuno del diametro di 7 decimillimetri, attortigliati in modo da formare un solo cordone metallico del diametro di 19 decimillimetri, pesante 26 chilogrammi al chilometro. Di tratto in tratto si verificava se questo cordone presentava la tenacità e la conduttività elettrica all'uopo necessarie. Poscia si applicavano successivamente sovr'esso tre strati di gutta-perca. Queste operazioni venivano fatte nell'officina

Glass ed Elliott a Greenwich, le operazioni successive erano eseguite nell'officina Newall a Birkenhead; i cordoni di rame rivestiti di gutta-perca venivano ricoperti con canape incatramato e quindi protetti esternamente da una corazza di 18 cordoncini, ciascuno composto di sette fili di ferro intrecciati, i singoli cordoncini venivano disposti a spire intorno all'anima. La fune così compiuta (fig. 206) presentava il diametro di 16 millimetri e pesava 634 chilogrammi al chilometro. La lunghezza dei singoli fili metallici che la componevano misurava ben 540 mila chi-



lometri, più di quanto occorrerebbe per avvolgere 13 volte la Terra lungo l'equatore.

L'unico bastimento atto a contenere quell'ingente quantità di fune, il *Great-Eastern*, usciva appena allora dal cantiere, perciò non si conoscevano ancora le sue qualità nautiche, sarebbe stato imprudente rischiare sovr'esso il prezioso carico. Non essendo adunque possibile imbarcare tutta la fune sopra un bastimento solo, convenne ripartirla su due navi fra le più grandi; a tale scopo il governo inglese mise a disposizione della Compagnia il vascello da guerra l'*Agamemnon*, gli Stati Uniti diedero l'immensa fregata da guerra *Niagara*. Le due navi si recarono a Valentia che è il punto più occidentale

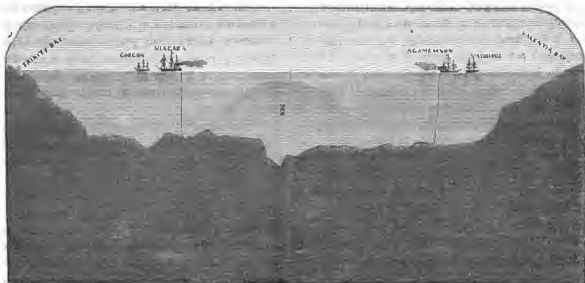


Fig. 207. IMMISSIONE DEL PRIMO CANAPO TRANSATLANTICO.

dell'Irlanda e colà ciascuna caricò una metà della fune.

Un'estremità della fune del *Niagara* fu fissata a terra il 5 agosto 1857, ed allora ebbe principio l'immersione; dopo immersi 10 chilometri di fune, questa si ruppe. Il *Niagara* ritornò al punto di partenza; la sezione rotta fu recuperata e riunita a quella rimasta a bordo, e si ricominciò l'immersione. Il 12 agosto il mare divenne burrascoso, il *Niagara* viaggiava lentamente ma la fune, trascinata da una imprevista corrente sottomarina, svolgevasi con enorme rapidità sproporzionata a quella del bastimento, perciò il meccanico incaricato di sorvegliare la discesa e l'immersione della fune, stimò conveniente moderarla chiudendo apposito freno, in quell'istante

la poppa del *Niagara*, in causa del movimento di beccheggio (ossia l'oscillazione della nave nel senso longitudinale) era più che mai abbassata, pochi istanti dopo un'ondata la rialzò repentinamente; questo movimento determinò la rottura della parte libera della fune che precipitò in fondo all'Oceano. Il *Niagara* trovavasi allora a 508 chilometri dalla costa, lo scandaglio segnava 3240 metri di profondità; in queste condizioni tornava vana ogni speranza di ripescare i 612 chilometri di fune caduti in fondo all'Oceano; convenne ritornare in Inghilterra.

Altri meno perseveranti di Ciro Field, si sarebbero scoraggiati ed avrebbero abbandonata l'impresa, egli invece si affrettò ad affidare alla casa Glass ed Elliott l'ordinazione per una nuova

fune, lunga 1448 chilometri, che unita a quella rimasta a bordo e ad un tratto — lungo 85 chilometri — prossimo alla costa e che poté perciò essere facilmente recuperato, dava una lunghezza totale di 4500 chilometri, con una eccedenza del 40 per cento all'incirca sulla distanza effettiva fra i due punti che dovevano congiungersi.

La compagnia chiese ed ottenne per una seconda volta il sussidio dell'*Agamemnon* dal governo inglese e del *Niagara* dal governo americano, si stabilì che l'immersione dovesse incominciare in alto mare verso il mezzo della linea; le due navi contenenti ciascuna metà fune, partirono contemporaneamente l'una dalla costa inglese, l'altra dalla costa americana e viaggiando in direzioni opposte si incontrarono in mezzo all'Atlantico ad eguale distanza dall'Irlanda e da Terranova; colà in pieno Oceano le due estremità della fune furono saldate e l'immersione ricominciò per la terza volta, il 26 giugno 1858. La fune che scendeva dalla poppa del *Niagara* aveva appena toccato il fondo del mare e già era spezzata. Le due navi retrocedettero, rinnovarono la giuntura e l'immersione ricominciò; quando ciascuna delle due navi ebbe immerso circa 65 chilometri di fune si riconobbe che la corrente elettrica non passava più — attraverso alla fune — da una nave all'altra; qualche gnasto era avvenuto certamente nella porzione di fune già immersa. Le due navi retrocedettero una seconda volta, si rinnovò la saldatura e si ricominciò l'immersione. Quando le due navi si trovarono a circa 420 chilometri l'una dall'altra, sebbene il tempo fosse favorevolissimo e tutto autorizzasse a far concepire le più liete speranze, tuttavia la corrente elettrica lanciata dall'una all'altra delle due navi attraverso alla fune già immersa, cessò repentinamente; allora il *Niagara* e l'*Agamemnon* fecero ritorno in Irlanda dopo aver perduti 638 chilometri di fune rimasta in fondo all'Oceano e dopo cinque tentativi non riusciti.

Il perseverante americano non si sgombrò certo; nei magazzini era sopravanzata una certa lunghezza di fune. La si imbarcò per sostituire la porzione perduta e le due navi ritornarono in mezzo all'Atlantico. Il 20 luglio, le due estremità della fune vennero congiunte a bordo del *Niagara* e l'immersione incominciò per la sesta volta, la sera stessa si scoprì un guasto nella fune che era ancora a bordo, convenne amputare la porzione difettosa, ma non rimane-

vano che brevissimi istanti per stabilire la giuntura, il guasto trovavasi in un tratto che doveva essere immerso da un momento all'altro. Si lavorò con attività disperata, tuttavia non si giunse in tempo, convenne quindi arrestare lo svolgimento della fune esponendosi così al rischio di spezzarla. Per buona ventura la manovra riuscì e la comunicazione venne sollecitamente ristabilita. A partire da questo momento l'operazione procedette felicemente, il 5 agosto il *Niagara* entrava nella baia della Trinità mentre l'*Agamemnon* entrava nel porto di Valentia. Lo stesso giorno le due estremità della fune furono fissate a terra a poste in comunicazione colle stazioni telegrafiche. L'unione intellettuale dei due continenti era compiuta.

L'entusiasmo degli americani per questo avvenimento si avvicinò al delirio. Al suo giungere a Nuova York, Cyrus Field venne condotto in trionfo per sei ore continue. Nella sua frenetica ammirazione la folla lo strinse in modo da produrgli una malattia che lo trasse in estremo pericolo di vita.

Nelle principali città degli Stati Uniti vi furono illuminazioni, processioni con fiaccole, salva d'artiglieria, manifestazioni d'ogni genere dirette a solennizzare il buon esito della grandiosa impresa dalla quale tutti si ripromettevano rilevanti vantaggi per l'Unione americana; le feste duravano ancora; quattrocento dispacci erano già stati scambiati fra i due mondi, quando la trasmissione divenne malagevole e poi a poco a poco inintelligibile; il 5 settembre 1858, la fune che aveva costato tanti sforzi e tanti denari divenne per sempre inetta alla trasmissione dei dispacci.

Uno scoraggiamento profondo invase tutti gli animi, illustri scienziati proclamarono che il progetto del telegrafo transatlantico era una vera utopia; fu proposto allora di stabilire una comunicazione telegrafica fra l'America e l'Europa passando per lo stretto di Bering e la Siberia.

Frattanto i direttori ed i tecnici della Compagnia transatlantica studiavano le cause per cui l'immersione era repentinamente fallita. Anzitutto riconobbero che la fune adoperata era troppo debole, motivo per cui non la si poteva ripescare dal fondo dell'Oceano quando si rompeva e rendeva inevitabile la perdita di tutto il tratto di fune immersa fino all'istante della rottura. Si riconobbe inoltre che per produrre ascosse sensibili attraverso l'estrema lunghezza del con-

duttore, erano state impiegate pile estremamente energiche, circostanza che in luogo di giovare aveva provocata la rottura dei fili conduttori a motivo della soverchia intensità della corrente.

Il fisico William Thomson, studiò questo grave argomento ed ideò un ricavitore telegrafico sensibilissimo, atto a funzionare anche sotto l'azione delle più deboli correnti, del quale riparleremo più avanti. I direttori della Compagnia del telegrafo transatlantico decisero allora di fabbricare una nuova fune; si raccolse il necessario capitale, la maggior parte del quale venne versata dal signor Field e dai costruttori Glass ed Elliot.

La nuova fune (fig. 208) è molto più grossa dell'antica e può resistere ad una trazione molto più forte. Il suo diametro è di 27 millimetri, essa si compone di 7 fili di rame attortigliati costituenti un cordone del diametro di 36 decimimetri; l'involucro isolante è costituito da quattro

strati di gutta perca alternati con altrettanti di *chatterton* (mastice isolante composto di gutta-perca, pece e segature di legno), il tutto fu poi ricoperto con vernice viscosa destinata a tener lontani gli insetti perforatori e per ultimo tetta la superficie esterna della fune fu protetta da dieci fili di ferro, ciascuno rivestito da cinque nastri di cacaope di Menilla, impeciati. Il peso della fune così preparata raggiunse i 973 chilogr. al chilometro; se ne fabbricarono 4618 chilometri. Essa fu ultimata il 29 maggio 1865. in luogo di ripartirla su più bastimenti, la si caricò tutta intera sopra una sola nave, l'unica capace di contenerla e di reggerla, il celebre *Great-Eastern* della portata di 22500 tonnellate, animato da macchine della forza di 2600 cavalli (Vedi Vol. II, pag. 164) che è il più gran basimento fino ad ora costruito. La fune venne deposta (fig. 210) in tre enormi bacin; il bacino di mezzo e quello a poppa ave-

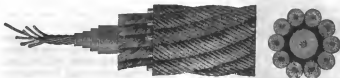


FIG. 208. FUNE TRANSATLANTICA DEL 1865. (Sezione al vivo).

vano 17.^m 50 di diametro e 6.^m 25 di altezza, il bacino a prora aveva eguale altezza e solo 15.^m 75 di diametro.

Oltre alla fune principale era stata costruita una fune, lunga circa 50 chilom., molto più grossa, del diametro di 56 millim., pesante chilogr. 10.70 al metro, per venire immersa in vicinanza alle coste ove l'urto dalle onde è più formidabile. Questa fune d'approdo (fig. 209) fu usata a terra presso a Valentia il 22 luglio 1865 e fu quindi immersa dallo steamer *Carolina*. All'indomani l'estremità libera della fune d'approdo veniva saldata, a bordo del *Great-Eastern*, ad uno dei capi della fune principale e subito dopo si incominciava per la *settima volta* l'immersione della fune transatlantica. — Al 24 si riconobbe che la corrente elettrica non passava più attraverso la fune, convenne ripescare la parte immersa per vedere dove esistesse il difetto; al potè scoprirlo solo all'indomani: la fune era attraversata da parte a parte, da un pezzo di ferro. Si amputò la porzione difettosa, si ricongiunsero le due porzioni ad essa

contigue e si ricominciò l'immersione. Al 29 nuova interruzione, convenne di bel nuovo ripescare la fune; anche questa volta si trovò che la dispersione della corrente elettrica era prodotta da un pezzo di ferro che attraversava la fune da parte a parte; evidentemente quel ferro era stato cacciato a forza nella fune da mani malvage, al solo scopo di impedire il buoe esito dell'ardita impresa. Sarebbe stato prudente imprigionare gli operai che erano incaricati dell'immersione quando la fune fu danneggiata, ma non lo si fece; questa debolezza costò assai. Il 2 agosto mentre erano di servizio gli stessi operai, si verificò per la terza volta l'interruzione della corrente. Si tentò di recuperare la fune ma fatalmente essa si spezzò e precipitò in fondo all'Oceano; convenne rassegnarsi a ritornare in Inghilterra.

La perfidia d'un miserabile non doveva impedire all'umanità di godere della splendida conquista del pensiero sulle forze della natura. Cirò Field, ponendo a rischio la rimanente sua fortuna

cercò di riunire per la terza volta, il capitale necessario all'impresa, ci riesci infatti. — Tanto la Compagnia Elliot e Glass incaricata della fabbricazione della fune quanto la Compagnia del *Great-Eastern*, incaricata dell'immersione, ricevettero in pagamento azioni della nuova Compagnia del telegrafo transatlantico. Rimanevano ancora 2368 chilom. della fune del 1865, se ne fabbricarono altri 3245, di diametro e composizioni simili alla precedente; però al riporto del cuscinetto che investiva l'anima venne sostituito del canape imbevuto d'una mistura a base di tannino, i fili di ferro furono galvanizzati ed involtati con canape bianco di Manila, la nuova fune così preparata pesava solo 842 chilogr. al chilometro.

La fune d'approdo fu fissata alla spiaggia di

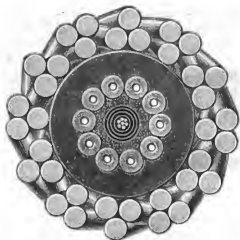


Fig. 23. FUNE D'APPRODO DEL TELEGAFO TRANSATLANTICO DEL 1865. (Sezione di voto).

Valentia l'8 luglio 1866; dopo averne immersi 56 chilom., il *William Cory* raggiunse in alto mare il *Great-Eastern* al 13 luglio, si saldò l'estremità libera della fune d'approdo ad uno dei capi della fune principale e l'immersione ebbe principio per l'ottava volta. La nuova fune fu immersa parallelamente a quella del 1865, cinquanta chilometri più al sud.

Questa volta tutto proseguì con ammirabile regolarità e con un tempo eccezionalmente bello per quei paraggi. Le notizie d'Europa, spedite giornalmente attraverso la fune venivano pubblicate tutte le sere in un giornale litografato che si stampava a bordo, il *Great-Eastern Telegraph*. Al 27 luglio si scorgeva la spiaggia di Terranuova; è facile immaginare con quanto entusiasmo fu salutata dai tecnici, dagli amministra-

tori, dagli ufficiali, dai marinai che costituivano la numerosa popolazione del *Great-Eastern*. Lo stesso giorno, un capo della fune transatlantica fu saldato all'estremità libera della fune d'approdo americana, fissata a terra nel porto di *Heart's-Content*; la ciclopica impresa era finalmente riescita! Il congiungimento intellettuale dei due emisferi era assicurato ed in una festa data dalla Compagnia si poté, dalla sala del banchetto a Londra, corrispondere non solo con Nuova York, ma benanco con nuova Orleans, con San Francisco, Victoria-de-Vancouver e coll'Avana.

La Compagnia del telegrafo transatlantico non si addormentò sugli allori; appena compiuta la prima congiunzione telegrafica fra l'Europa e l'America, la stessa Compagnia si accinse tosto a ripescare la fune del 1865 per stabilire con questa una seconda linea telegrafica. L'operazione ebbe principio al 1.º agosto 1866; il capitano Anderson che aveva già dirette le spedizioni precedenti fece uso di tutte le risorse scientifiche e nautiche per dirigere la gigantesca nave sopra la fune perduta l'anno antecedente. Quando stimò raggiunto l'intento fece gettare il grappino; fortuna volle che dopo pochi colpi la fune telegrafica venisse afferrata. Descrivere la gioia dell'equipaggio sarebbe impossibile. Tutti si erano volti dalla parte del bastimento donde si avvolgeva la gomema del grappino; un evviva di frenetica gioia salutò la comparsa della fune telegrafica tutta coperta di melma biancastra. Ma — o sia una qualche scossa data dagli osservatori all'apparecchio, o che altro sia, non si sa — all'improvviso la fune telegrafica sfugge dal grappino e ricade là donde a gran fatica era tratta. — Ma era stata veduta e quasi toccata; non si disperò adunque del risultato finale.

Si ricominciò a gettare il grappino, il *Great-Eastern* lo fece passeggiare sul fondo del mare giornate intiere senza incontrare resistenza. — Un giorno si trasse un capo di fune, e non era che un frammento delle funi del 1857 o 1858. — Ma infine dopo ben trenta giorni di navigazione il grappino riesci ad afferrare per bene la fune buona, che si trasse felicemente a bordo. Questa volta essa fu accolta da un silenzio glaciale; tutti pensavano a prenderne possesso definitivamente. — Dopo di ciò restava ancora a sapersi se l'acqua marina avesse alterata la fune e se sussisteva ancora la sua conduttività elettrica con la costa Irlandese. — I capi della spedizione

si raccolsero nel gabinetto telegrafico. Operata la congiunzione cogli apparati che si avevano a bordo, il telegrafista si assise di fronte al quadrante. Nessuno osava fiutare, si leggeva nel

volto di tutti l'ansietà ed il timore. — Pochi minuti dopo il telegrafista dichiarava che l'isolamento era perfetto; unanime grida di gioia partirono dal gabinetto ed annunziarono a tutto

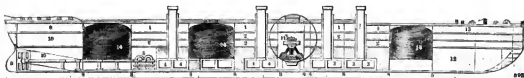


Fig. 20. SEZIONE LONGITUDINALE DEL « GREAT-EASTERN » NELLA PARTE TRANSATLANTICA.

1. Selo. — 2. Selo principale. — 3. Caldaie a vapore per la macchina a ruota. — 4. Caldaie a vapore per le macchine ad elica. — 5. Macchina motrice per l'elica. — 6. L'elica. — 7. Stanza del capitano. — 8. Porti divisorie trasversali. — 9. Corridoio ed apparati di avvolgimento delle fune. — 10. Magazzini. — 11. Macchine motrice per le ruote. — 12. Magazzini e deposito delle gomene. — 13. Locali per i marinai. — 14. Ruote contenenti le fune transatlantiche.

l'equipaggio il buon esito dell'esperienza; il *Great-Eastern*, comunicava elettricamente con l'Irlanda.

Il 9 settembre la fune del 1865, completata fino a Terranuova, partecipava al nobile compito della giovane sorella, la fune del 1863. Quest'ul-



Fig. 21. MANOVRE A BORDO DEL « GREAT-EASTERN » PER RIPESCAR LA FUNE DEL 1865.

tima è lunga 3440 chilometri, quella del 1865 ne misura 3511.

Non appena si conobbe il buon esito della duplice impresa, la regina d'Inghilterra conferì i

titoli di baronetto a sir Daniel Gooch, ingegnere, ed a sir Lamson, presidente della *Compagnia del telegrafo transatlantico*; i titoli di cavaliere al capitano sir James Anderson, a sir Samuel

Canning, ingegnere in capo, ed al fisico sir William Thomson le cui invenzioni avevano potentemente contribuito al buon esito della spedizione del 1866. La Camera di Commercio di Liverpool celebrò con un grande convito la felice riuscita della grandiosa impresa. I convitati erano circa 200; vi erano lord Stanley, Canning, Clifford, il capitano Anderson, ecc. Stavano appesi alle mura della sala de' festoni di gomme atlantiche ricoperti di vegetazioni marine e di coralli naturali. In mezzo alla sala, sopra la tavola era sospeso ad una forte catena il grappino col quale fu tratta dal fondo dell'Atlantico la fune del 1865. Numerosi brindisi e discorsi furono pronunciati; da quello di lord Stanley ci piace riportare il brano seguente:

L'Inghilterra e l'America sono unite da una impresa che è il più grande trionfo della intelligenza sulla natura, dell'uomo sulla natura, che fino ad oggi sia notato negli annali della scienza, e finché l'America e l'Inghilterra serberanno tra le nazioni il predominio nell'arte meccanica e nella nautica, oso predire che i nomi di coloro che compiono l'ardua impresa, i nomi di Canning, di Gilestot, di Anderson saranno onorati nella storia non solo da questa ma anche dall'altra riva dell'Atlantico.

Non minori furono le dimostrazioni di gioia e di simpatia date dagli Americani; il sig. Cyrus Field, l'instancabile promotore della telegrafia transatlantica, fu entusiasticamente ricevuto al suo arrivo a Nuova York; il Congresso, con votazione unanime, gli conferì una medaglia d'oro.

Gli azionisti che con la loro fermezza condussero a buon termine la gigantesca impresa, ne ricevettero largo compenso: il gran numero di dispacci giornalmente scambiati fra i due Mondi, attraverso alla fune transatlantica, permise alla Compagnia di realizzare enormi benefici. — Dappprincipio ogni parola pagava una sterlina (25 fr.); il telegrafo transatlantico non era ancora accessibile a tutti, tuttavia la clientela non mancò mai. — Nell'ottobre 1866 l'Europa intera avrebbe desiderato conoscere telegraficamente, mercè la fune transatlantica, il testo completo del messaggio del presidente degli Stati Uniti; convenne però accontentarsi d'un breve estratto dell'importante documento, poichè la trasmissione telegrafica dell'intero messaggio del presidente Johnson, contenendo più di 40,000 parole, avrebbe costato più d'un milione di franchi. Dopo d'allora, il prezzo dei singoli dispacci privati, fu notevolmente ridotto, ed i principali giornali inglesi ed americani, stipularono speciali accordi con la Compagnia del telegrafo transatlantico. Il discorso pronunciato a Washington dal presidente Grant, il 6 dicembre 1869, fu immediatamente conosciuto in Europa, grazie ad un telegramma contenente 23,000 parole, ricevuto e pubblicato con ammirabile sollecitudine dal *Times* che ne sostenne tutta la spesa.

III.

Costituzione della Compagnia francese per il telegrafo transatlantico. — Struttura del canapo. — Disposizioni adottate a bordo del *Great Eastern*. — L'apparecchio d'immersione; il dinamometro e l'apparecchio di recupero. — Viceude nella traversata. — Felice riuscita dell'impresa.

Fin da quando fu immersa la prima fune transatlantica, si riconobbe, in Francia, l'opportunità di stabilire una nuova comunicazione telegrafica fra l'Europa e l'America settentrionale, atta a supplire alle eventuali interruzioni della fune anglo-americana; il desiderio di emanciparsi dall'Inghilterra e la speranza di conseguire largo frutto, dal capitale all'uopo necessario, affrettarono la costituzione d'una Compagnia francese, che si propose di congiungere Brest con un punto del litorale dello Stato di Nuova York, con una sola stazione intermedia nell'isola francese di san Pietro, al sud del gran banco di Terranuova. La concessione fu accordata (6 luglio 1906) ai signori barone Emilio Erlanger di

Parigi e Giulio Reuter di Londra; il governo francese si obbligò, per la durata di 20 anni, a non fare altre concessioni di linee telegrafiche fra la Francia e l'America settentrionale. All'annuncio di questa concessione, gli azionisti della Compagnia anglo-americana, non risparmiarono artifici per impedire la formazione e lo sviluppo della Compagnia rivale, tuttavia la ferma volontà ed il coraggio dei Francesi, non vennero meno e l'impresa poté compiersi felicemente nel 1869.

Il canapo transatlantico francese, è, per la massima parte, costruito come quello della Compagnia anglo-americana, con 7 fili di rame grossi ciascuno 1 millim., attorcigliati insieme in modo da comporre un cordone di circa 4 millim. di

diametro, ricoperto con una camicia di gutta-perca e d'altre sostanze isolanti, difeso esternamente da 10 grossi fili di ferro galvanizzati, protetti alla loro volta come nel canapo anglo-americano.

Il canapo transatlantico francese, si compone di 10 chilom. di tronco terminale o di spiaggia, che ne formano l'estremità a partire da Brest, poi 160 chilom. di grossezza intermedia; vengono in seguito circa 3700 chilom. di linea principale, formata come si è detto poc'anzi, ed infine un tronco terminale di 50 chilom. che mette capo a San Pietro. Da San Pietro si stacca un secondo canapo, alquanto più pesante del precedente, lungo 1150 chilom., che va a toccar terra sulla costa di Duxbury, nello Stato di Nuova York.

Per l'immersione del canapo, fu noleggiata una flottiglia composta del colossale *Great-Eastern* e di quattro navi minori: l'*Hawk*, il *Chiltern*, il *William Cory* e lo *Schneider*. Il compito era stato distribuito nel modo seguente: l'*Hawk* doveva deporre il tronco di spiaggia a partire da Brest; il *Great-Eastern* doveva deporre la linea principale, successiva, sino all'isola di San Pietro, mentre il *William Cory*, precedendolo a quest'isola, vi avrebbe immerso il tronco di spiaggia. Gli altri due bastimenti dovevano accompagnare il *Great-Eastern* traverso l'Atlantico, per prestargli quegli aiuti di cui avrebbe potuto abbisognare e per completare poscia, in unione al *William Cory*, la congiunzione dell'isola di San Pietro con Duxbury.

L'immersione del canapo di spiaggia, ebbe luogo a Brest il 18 giugno 1899; tre giorni dopo, questo canapo, fu saldato all'estremità di quello caricato sul *Great-Eastern*, il quale incominciò immediatamente il suo viaggio verso l'America.

La terra — così scrisse uno dei passeggeri del *Great-Eastern* — è scomparsa da un pezzo. Il nostro orizzonte termina al confine apparente del cielo e dell'acqua, e in mezzo ad esso resteremo per una ventina di giorni almeno. — Il *Chiltern* e lo *Schneider* sono: il primo alla nostra dritta ed il secondo a sinistra, un po' in addietro. — Il tempo è magnifico ed il *Great-Eastern* si avvanza maestosamente sopra un mare calmo come uno specchio lasciando dietro a sé un solo di schiuma largo trenta metri, e che si protende a perdita di vista come una strada trionfale sulla superficie dell'Oceano. La nostra velocità è di circa otto chilometri all'ora, quella cioè che l'esperienza ha dimostrato più favorevole. Il canapo teso per effetto del movimento progressivo della nave, descrive una lunga curva prima di lambire il piano delle acque.

Al canapo d'approdo è succeduto il canapo intermedio che deve essere immerso per 160 chilometri prima che si arrivi al canapo d'alto mare. Queste diverse sezioni del canapo vennero congiunte in precedenza, di guisa che esse formano un tutto continuo, distribuito nei tre enormi tiri. Lo svolgimento del canapo per l'immersione è cominciato dal tiro intermedio, nella cui enorme capacità sono raccolti 1790 chilometri di canapo. Le lunghe spirali distribuite le une sulle altre formano una serie di strati orizzontali, ciascuno dei quali rappresenta una lunghezza di 11 chilometri ed impiega ben cinque quarti d'ora a dipanarsi.

Al disopra dello strato orizzontale, ad un'altezza di circa 0.^m 60, una serie di sbarre di ferro, che dal centro del tiro irradiano alla sua circonferenza, unite fra loro mediante un certo numero di cerchi egualmente di ferro, formano una specie di rete orizzontale. L'insieme di questo apparecchio è detto *crinolina*; esso rassomiglia infatti ad una enorme crinolina i cui cerchi fossero disposti concentricamente sul piano d'una tavola; essa ha l'ufficio di prevenire qualunque scompiglio del canapo, qualora più spirali tendessero ad uscire in una sol volta. Dodici uomini, appostati a due a due fra i raggi, vegliano perché la corda si dipani regolarmente ed ogni funesto accidente sia combattuto e vinto prontamente. Il canapo, che va svolgendosi a grado a grado, attraversa un anello centrale, ascende verticalmente attraverso un'apertura praticata nel ponte, passa sopra una carrucola, poi si incanalava in una specie di grondola — collocata orizzontalmente per tutta la lunghezza della nave ad un'altezza di circa un metro sopra il ponte — che mette capo all'apparecchio di svolgimento.

Nulla di più ingegnoso e di più semplice di questo apparecchio, per mezzo del quale la delicatissima operazione dell'immersione si effettua con la massima precisione e regolarità. Il canapo passa dapprima sopra 6 ruote, il cerchio esterno delle quali è scanalato, sulle quali esso è trattenuto da ruote più piccole sovrapposte alle prime, e mercé le quali il canapo viene assoggettato ad una pressione più o meno grande secondo che si vuole; quindi si avvolge per tre o quattro giri intorno ad un'ultima ruota o tamburo di circa due metri di diametro, giunge per ultimo sopra una carrucola fissata sulla poppa della nave e di là scende in mare. Freni a contrappeso, applicati al tamburo ed a ciascuna delle ruote che lo precedono, permettono di regolare il movimento dell'apparecchio e di fermarlo quando ciò piaccia e, da ultimo, un dinamometro (fig. 212) indica a ciascun istante la precisa pressione (1) a cui la corda è sottoposta.

(1) La manovra dei freni menzionati superiormente è regolata, da apposito incaricato che sorveglia continuamente le indicazioni del dinamometro (fig. 212) e fa girare la ruota T verso destra o verso sinistra, a norma delle circostanze. Sull'asse di questa ruota si accavalca una catena senza fine, che abbraccia poi una carrucola P e quindi altra carrucola consimile a destra (invisibile nella figura) la quale agisce direttamente sul freno, perciò il movimento della ruota T indebolisce od aumenta l'energia del freno. — Il canapo telegrafico C C' passa sotto ad una ruota scanalata G costretta a rimanere nel vano d'un castello di ghisa, come scorgesi nella figura; la ruota G può unicamente salire o scendere lungo quel vano, da essa staccasi un'esta verticale terminata inferiormente da un peso K, il

posta, ed un contatore registra il numero dei giri del tamburo e permette di calcolare esattamente la lunghezza del canapo immerso.

Durante tutto il corso del viaggio il canapo è assoggettato a continue esperienze dirette a riconoscere la di lui condizione elettrica. Il laboratorio in cui si operano queste esperienze è posto in una spaziosa cabina situata sul ponte, nella parte centrale del bastimento. L'apparato che dà i segnali (che verrà descritto più innanzi) è talmente sensibile che rivela immediatamente ogni modificazione nello stato del canapo telegrafico; l'uso di questo apparato è d'altronde abbastanza semplice perché un solo impiegato sperimentato ottenga agevolmente una rapidità media di trasmissione di quindici a sedici parole per ogni minuto. E tuttavia questa rapidità non basta per tutti gli esperimenti ai quali convien sottoporre il canapo. Infatti non si è contenti di comunicare solo con la terra; bisogna rendersi conto anche delle minime perdite di elettricità, anche

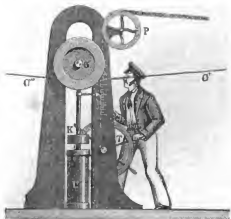


Fig. 212. DINAMOMETRO PER RICONOSCERE LA TENSIONE DELLA FUNE DURANTE L'IMMERSIONE.

di quelle che non imbarazzerebbero per nulla la trasmissione dei dispacci ordinari. Tale è la perfezione degli apparecchi impiegati a quest'oggetto, che non soltanto indicano istantaneamente il minimo ammanco di continuità nell'involucro isolante dei conduttori, ma anche la distanza alla quale esiste il difetto. Maraviglioso risultato, senza del quale la telegrafia transatlantica non sarebbe mai stata che una chimera, un'esperienza bril-

quale — abbassandosi — può penetrare, come uno stantuffo, nel cilindro cavo U. Quando la tensione del canapo C' C'' è debole, prevale l'azione del peso K e la ruota G si abbassa; la direzione del tratto C' del canapo forma un angolo tanto più acuto colle direzioni del tratto C'' quanto più si abbassano la ruota G ed il solido peso K; quando invece la tensione del canapo aumenta, l'angolo formato dalle direzioni dei due tratti C' e C'' diviene sempre più ottuso, la ruota G ed il peso K vengono sollevati dal canapo. Ecco dunque che la sua tensione è indicata dalla posizione occupata dalla ruota G. Una lancetta fissata sull'asta che scende dalla ruota G, scorrendo sopra una scala graduata, segnata sulla destra del castello di ghisa, indica ad ogni istante la posizione occupata dalla ruota e quindi il grado di tensione cui trovasi assoggettato il canapo telegrafico.

lante destinata ad un successo effimero, ma impossibile ad essere praticamente attuato.

Alla porta del laboratorio sta sospeso un *gong* (campana cinese), il cui suono rimbombante dà l'allarme in caso d'accidente. Al suono del *gong* l'ufficiale di guardia deve immediatamente trasmettere alle macchine il comando d'indietro; la nave si ferma e si può immediatamente ripescare la parte difettosa del canapo prima di essersene allontanati.

Ma torniamo al viaggio: Lunedì 21 giugno ci troviamo a circa 70 chilometri dalla costa; l'immersione procede nel modo più soddisfacente; lo stato elettrico del canapo è eccellente, tutto fa presagire bene. Nella notte successiva, l'estremità del canapo d'approdo intermedio passa sul tamburo e incomincia l'immersione del canapo d'alto mare. — All'indomani riceviamo, per la prima volta dopo la partenza, dei dispacci dalla Francia; fino allora era stato impossibile corrispondere colla stazione continentale, se non scambiando dei segnali di controllo destinati a verificare lo stato elettrico del canapo. Quest'impossibilità derivava dalle correnti induttive prodotte dall'enorme canapo raccolto nel tin. Ciascuno di essi rappresenta infatti un immenso rocchetto nel quale, al momento in cui una corrente viene lanciata nel canapo, si sviluppa una seconda corrente contraria la quale paralizza il movimento dell'ago del galvanometro, per modo che ne risulta una confusione fra i segnali reali e le deviazioni accidentali dell'ago.

Questi effetti perturbatori, benché tuttora sensibilissimi, hanno di già perduto molto della loro intensità, e scemeranno senza dubbio man mano che diminuirà il volume del canapo immagazzinato nei tini. Le notizie che giungono dall'Europa per mezzo del canapo vengono trascritte ed affisse alla porta del laboratorio telegrafico. Ammirabile conquista della scienza, che permette alla nave perduta in mezzo all'Oceano, di ricevere in un istante a centinaia di chilometri di distanza, il palpito della patria!

Il 23 giugno, ad un'ora del mattino, la lunghezza del canapo immerso è di 400 chilometri. Il tin centrale è ormai alleggerito di quasi 500 tonnellate. Conviene interrompere lo svolgimento per incominciare nel tin di prora, onde mantenere l'equilibrio nell'andamento della nave; del resto nulla v'ha d'imprevisto, tutto è predisposto, e gli operai non debbono fare altro che portarsi da un tin all'altro per riprendere il lavoro. Tutto questo non porta che un indugio di pochi minuti.

Niente di nuovo nel corso della giornata: a mezzogiorno abbiamo percorsi 470 chilometri, arriviamo al punto dove il fondo incomincia ad abbassarsi per giungere gradatamente al livello normale dell'immenso piano sottomarino che fu detto il *piano telegrafico*: la profondità che ieri misurava 150 metri, raggiunge oggi i 1600; frattanto la pressione esercitata sulla corda non ha ancora sorpassato gli otto quintali, limite inferiore alle indicazioni del dinamometro. Tutto procede mirabilmente e ci ralleghiamo del buon esito che pare assicurato.

La nostra tranquillità doveva ben presto essere turbata. Alle tre e mezza del mattino del 24 giugno, una improvvisa deviazione dell'ago del galvanometro an-

annalò un difetto nell'involuppo isolatore del canapo. Il suono d'allarme si fa tosto sentire: in men che non si dice, la nave si arresta e l'apparecchio di avvolgimento, fermato dall'azione dei freni, retiene la corda: un solido cordame, tirato da sei uomini, tien fermo il canapo telegrafico, che vien poi tagliato per sperimentare separatamente la parte immersa e quella rimasta nei tini: l'esperimento dimostra che il difetto si trova nella parte immersa; convien dunque tirarla a bordo.

L'apparecchio per ripescare è collocato a prora: è formato da un tamburo simile a quello della macchina di avvolgimento, messo in movimento — mercé una serie di ruote ad ingranaggio — da apposita macchina a vapore della forza di 40 cavalli, situata sul ponte.

L'estremità del canapo è fissata al tamburo; queste vien posto in movimento, ed il canapo risale lentamente dal fondo dell'Oceano. — Due volte si arresta il movimento dell'apparecchio per asseguettare la corda alla prova della trasmissione elettrica, ma il difetto si palesa tuttora nella parte immersa. — Incominciamo a nutrire serie inquietudini perché il dinamometro accenna ad una tensione sempre più considerevole: ma ad una terza prova si scopre che la parte difettosa è risalita a bordo: la buona notizia si diffonde rapida, intanto che si lavora alla saldatura: a 10 ore e 20 minuti l'operazione è terminata, e la nave ripiglia il viaggio; sette ore solamente trascorsero dal momento in cui fu dato l'allarme.

Si raccolsero a bordo due chilometri di canapo; importa ora sapere in che cosa consista il difetto, di cui gli apparecchi elettrici rivelarono l'esistenza. — Il tronco del canapo riconosciuto difettoso è sottoposto ad accurato esame. Nulla di anormale presentasi nell'involuppo esterno che viene smontato con ogni cura, l'anima del canapo è posta a nudo; si scopre allora la sede del male: è un forellino d'un millimetro di diametro all'incirca, il quale attraversa la gutta-perca nella direzione del conduttore. Questo forellino, che va restringendosi dalla circonferenza al centro, sembra fatto con un puntorolo: sulla superficie interna dell'involucro che vi corrisponde, si scopre una macchia rossastra, come di ruggine: ma i mezzi d'investigazione che abbiamo a bordo non consentono di spingere più oltre l'analisi: in attesa dunque che sia possibile sottoporre il tronco ad un più minuto esame, lo si taglia nella parte difettosa e vien messo da canto.

Al mezzo di 24 ci troviamo a 605 chilometri da terra; siamo arrivati al punto dove incominciano le profondità di 4300 metri, senza che la tensione indicata dal dinamometro si innalzi al di là dei quattordici quintali. — Il tempo continua ad essere bellissimo, ma a misura che la nave si alliegherisce, si risente di più in più delle larghe ondulazioni del mare. L'agitazione della nave impedisce all'ago del galvanometro un movimento oscillatorio che rende difficile la lettura. — La nostra velocità rimane sensibilmente uniforme.

Alle otto del mattino del 26, nuovo allarme! la nave si arresta al tetro suono del *pong*. Gli apparecchi elettrici accennano una perdita d'elettricità derivante da difetti di continuità dell'involuppo. — L'operazione del ricupero incomincia, mezz'ora dopo si ha già a bordo le parti difettose. Strano! Invero! il difetto che si riscontra

nell'involuppo isolatore è identico a quello che aveva cagionato il primo accidente; però questa volta il corpo perforante ha attaccato direttamente i fili conduttori che sono leggermente scalfiti: il loro aspetto lucido non permette di dubitare che l'accidente non sia di froda data. — Ma è un accidente puramente fortuito? Le opinioni sono divise, taluno ritiene che il fatto sia imputabile a malevolenza, ma gli uomini esperti che dirigono la spedizione, i veterani della telegrafia transatlantica non accettano questa spiegazione. Nella spedizione del 1890, tre accidenti simili si verificarono a qualche giorno d'intervallo: tutte le apparenze esprimevano per far credere all'intervento d'una mano criminosa, e pertanto più tardi, in faccia all'evidenza dei fatti convenne pur rinunciare ai concepiti sospetti. Ad ogni modo si dove eseguire senza indugio una nuova saldatura; a mezzogiorno si ripiglia il viaggio.

Nella giornata del 29 una forte depressione barometrica annuncia un cambiamento nello stato dell'atmosfera. Infatti dopo il mezzogiorno l'orizzonte si copre di nuvole, una gagliarda brezza si solleva, le onde si coprono di spuma; tutto fa temere una burrasca per l'indomani. Verso mezzanotte il fermismo qualche minuto onde incominciare lo svolgimento nel tino di poppa essendo ormai vuoto quello di prora; quindi ciascuno si ritira per dormire, cullati dal movimento che diviene sempre più sensibile. Verso la quattro del mattino sono svegliati nella mia cabina dall'infuriare della tempesta; pochi istanti dopo un suono metallico viene tutti gli altri rumori, è il *pong* battuto a colpi replicati e frequenti. Balzo in piedi e mi reco sul ponte. — Non v'ha più dubbio, è sopraggiunto un nuovo accidente; ma attorno a noi quale spettacolo! È giorno da un'ora, ma un giorno pallido, che rende più sinistro l'aspetto del quadro: grosse nubi corrono nel cielo cacciate dal vento che mugge nell'alberatura; ondate enormi si muovono dal fondo dell'orizzonte e vengono a flagellare i fianchi della nave, la cui massa colossale sbattuta da quegli urti formidabili, ora pare che salga al cielo, ora ricada nell'abisso. A ciascun istante il *Chiltern* e lo *Scuderie* spariscono dietro le onde fino all'altezza degli alberi; il *Chiltern* si inclina a tal segno che l'estremità de' suoi pennoni si bagna nel mare.

Intanto l'operazione del ricupero è incominciata; il canapo sale a bordo lentamente, ma frattanto la nave presenta la poppa alle onde che la investono con furiosi assalti; montagne d'acqua vengono o rovesciate sul ponte ed a mettere in pericolo i lavoratori: il capitano Halpin trovatisi all'estremità di poppa per sorvegliare la manovra; un colpo di mare, ancor più violento di tutti gli altri, lo fa stramazzone sul ponte; si corre a sollevarlo; fortunatamente non è ferito, l'impalcatura sulla quale era salito è demolita dalla violenza dell'ondata, panconi grossi due pollici (circa 0.76) sono staccati con le borchie di ferro che li tenevano confitti al loro posto.

Dopo qualche momento di sosta, al riprendere l'operazione. A 5 ore e tre quarti non è ancora ricondotta a bordo la parte difettosa. La pressione che si esercita sul canapo è grandissima; aumenta ogni volta che la poppa si solleva sulle onde. Il dinamometro accenna perfino 96 quintali. Tutto ad un tratto il grido « ferma! ferma! »

ci agghiaccia il sangue; il caopio si è rotto fra la macchina destinata a ripescarlo e la poppa, alla metà della lunghezza del ponte. L'estremità del canapo ridiscende rapidamente verso il mare; il luogotenente Husson vede il pericolo e, seguito da alcuni uomini, si precipita per afferrare il canapo; per buona sorte l'azione pronta ed energica dei freni applicati al tomburo di poppa, scongiurò il pericolo arrestando la discesa del canapo. — Tutti accorrono al luogo dell'incidente; a quel pericolo è sfuggita l'impresa! Un istante ancora e tutto era finito! Il canapo sperava per inabissarsi nell'Oceano ad una profondità di ben 3000 metri.

Ma bisogna prendere tosto un partito, perché la posizione è oltremodo grave. L'incidente sopravvenuto è un avviso; continuare il riscontro, sarebbe correre incontro al pericolo. Si fa consulto, e, dopo una breve deliberazione, si decide di raccomandare il canapo ad



FIG. 213. GAVITTELLO IMPINGATO NELLA POPPA DEL TELERGAFO TRANSATLANTICO.

un gavittello ad abbandonarlo al mare, finché la tempesta sia passata. — Quattro grandi gavittelli erano stati imbarcati in questa previsione; il canapo è fissato ad uno di essi mediante una catena; al cano in acqua il gavittello (fig. 213) e poi si taglia la gomena, a ciò implegata. Il gavittello è in mare, tutti lo guardiamo mestamente andare in bella delle onde, ad esso è affidata tutta la fortuna della Compagnia del canapo transatlantico francese. — Per agevolare, a suo tempo, il riscontro di questo gavittello, il *Challenger* e lo *Scoladeria*, prevenuti dai nostri segnali, mettono in mare, alla loro volta, altri due gavittelli. — Non ci rimane altro a fare che vegliare su quello da noi immerso, e procurare di allontanarci da esso quanto meno è possibile. — Durante il giorno, la manovra è delle più semplici; ma l'oscurità della notte la complica assai. È convenuto che la nave regolerà il suo cammino in maniera da mantenersi costantemente lungo una medesima linea retta, e percorrerà alternativamente nei due sensi opposti di tre in tre ore.

Questa manovra si compie con precisione tale che, al levar del sole, scorgiamo il gavittello a poche centinaia di metri dalla nave.

La tempesta è quasi passata, ma le onde sono ancora troppo forti, perché si possa pensare a mettere un'imbrazzatura in mare. Dobbiamo aspettare e continuare il nostro va e vieni fino all'indomani.

Floaemente, al mattino del 3 luglio, ogni pericolo è scomparso: un canotto si stacca dai fianchi del *Great-Eastern* e fa forza di remi verso il gavittello. Porta seco una gomena, un capo della quale è legato alla nave. — Il canotto arriva: un marinaio slega un solto sul gavittello e lega solidamente la gomena alla catena che trattiene il canapo telegrafico; questo è tuttora in ottimo stato; un grido di gioia esce da tutti i petti non appena l'estremità del caopio riappare alla superficie, la si tira a bordo, il canotto prende a rimorchio il gavittello. Appena ripescati pochi metri di canapo, si scopre la parte difettosa. Lo stupore è generale, quando si scorge che il difetto, che ha cagionato l'incidente, è esattamente simile ai precedenti.

Questa volta sembra quasi che abbiamo ragione coloro che persistono a credere che ci sia malevolenza, a benebè i loro sospetti non sieno generalmente accolti, pure si organizza nelle tinte un servizio di sorveglianza. Come sempre, ci affrettiamo a ricongiungere il canapo tosto che ne fu tagliata la parte difettosa: a mezzogiorno possiamo finalmente allontanarci dal luogo dell'incidente. Questo contrattacco fu l'ultimo. — Da quel momento il *Great-Eastern* continua ad avanzare senza ostacoli, benché il cielo sia tuttora coperto, però il mare è tranquillo e nessun altro fatto, degno di menzione, venne ad interrompere la felice meotonia del nostro viaggio. Il 7 luglio, a mezzanotte, è venuto anche il tiro di poppa e si ricomincia lo svolgimento del canapo nel tiro principale. Ma non meno che la nave va scariandosi, essa perde la stabilità che possedeva al momento della partenza. — Il rullo si fa tale, che le ruote toccano l'acqua solo ad intervalli, sicché è mestieri rallentare la velocità. L'8 luglio, giungiamo al punto della massima profondità, 4673 metri; poscia il fondo si eleva rapidamente verso l'America. L'indomani l'esito della spedizione può considerarsi assicurato davvero, perché navighiamo in paraggi, nei quali, anche succedendo la rottura del canapo, sarebbe facile ripescarlo. La sera del 10 luglio, giungiamo al sud del banco di Terranova, al punto nel quale, il prestabilito itinerario, cambia bruscamente direzione per risalire verso nord-ovest, radendo il confine occidentale del banco. Già tutto annunzia che ci addiamo approssimando a quelle coste inospitali, sulle quali regna un inverno perpetuo. Quantunque il sole brilli splendidissimo, l'atmosfera è fredda, il termometro segna soli 10 gradi sopra zero. La sera il vento si fa glaciale, ragione per cui si teme di incontrare qualunque delle montagne di ghiaccio, tanto frequenti nella zona in quei paraggi. Viene impartito allo *Scoladeria* l'ordine di portarsi in avanti, onde dirigere il nostro viaggio. Fortunatamente nessun ostacolo ci ingombra la via.

L'11 luglio entriamo nella regione delle nebbie; si direbbe che navighiamo in mezzo ad una nevola. È impossibile distinguere gli oggetti da un capo all'altro

della nave. Il *Chiltern* e lo *Scanderia* più non si vedono, ma i fischii ripetuti del vapore, ci avvertono della loro vicinanza. — La situazione potrebbe diventare pericolosa, ove si prolungasse. Per buona fortuna, verso mezzogiorno l'atmosfera si rischiarò, ed è possibile verificare la posizione della nave. Non abbiamo deviato dal nostro itinerario; se non sopraggiunge qualche contrattacco, giungeremo domani al punto di convegno, dove devo attendere il *William Cory*, che frattanto deve aver eseguita l'immersione del canapo d'approdo a San Pietro. Un telegramma partito dal *Great-Bastara* ed inviato da Brest a Terranuova col telegrafo anglo-americano, ha segnalato il nostro arrivo. Ci si risponde per la stessa via che tutto è pronto e che siamo aspettati. Questi due dispiaceri hanno, nello stesso giorno, attraversato ciascuno due volte la larghezza dell'Atlantico, che vuol dire 6000 chilometri per giungere a destinazione!

L'atmosfera, durata pura nel corso della notte, tornò ad impregnarsi di vapori la mattina; dopo otto ore siamo investiti da fitta nebbia; il fischio del vapore si succede a brevissimi intervalli, ma si direbbe che neppur esso riesce a farsi strada attraverso all'atmosfera così densa. Verso le nove notiamo che non si ode più il fischio del *Chiltern*; tiriamo due colpi di cannone, nessuno risponde; decisamente, il nostro compagno di viaggio ci ha smarriti. Continuiamo ad inoltrarci, ma la situazione si fa sempre peggiore. Fra queste tenebre bianche come incontreremo la nave che si dirige verso di noi, quando lo stesso bastimento che ci segue per venti giorni non potrà rimanerci al nostro fianco? Per quanto si possa essere precisi nel tenere la linea precedentemente osservata, come possiamo sapere se oltrepasseremo il *William Cory*, senza che esso intenda i nostri segnali?

Ma un genio benigno sembra vegliare sul *Great-Bastara*. Tutto ad un tratto la nebbia svanisce come per incanto; essa si coagula in una nube che sembra scorrere leggermente come un velo sulla superficie delle acque; l'orizzonte si allarga sempre più, una nave appare a qualche distanza da noi; è il *William Cory* il quale appena ci scorge, ci saluta con colpi di cannone; un po' più lunghe, una goletta dalle forme anelle, fendendo l'onde ci viene incontro a tutto vapore; è l'avviso inglese il *Gulnar*, che ha abbandonata la sua stazione di San Giovanni per venire a darci il benvenuto. È un vero colpo da teatro;

si direbbe che una verga magica abbia fatto scomparire fin le ultime tracce della nebbia, che cinque minuti prima ci avvolgeva completamente. Un sole raggianti illumina la nostra flottiglia, mentre essa scambia cortesemente le ultime sue salve d'artiglieria. Solo il *Chiltern* manca al ritrovo, ma non abbiamo tempo d'attenderlo; il *Great-Bastara* riprende il suo cammino, scortato dal *Gulnar* e dalla *Scanderia*, mentre il *William Cory* ci precede per dirigerli.

Il 12 luglio, alle otto del mattino, i quattro bastimenti giungono al luogo ove era ancorato il gavitello portante l'estremità del canapo d'approdo. Noi a nostra volta tronehiamo il canapo che avevamo finito d'immergere e ne raccomandiamo l'estremità ad un altro gavitello. Il *William Cory* è incaricato di rilevare i due gavitelli e d'effettuare la saldatura tra le due parti. La nebbia che al via di nuovo rende l'operazione impossibile per il momento, ma avrà luogo non appena la nebbia si dileguerà. La linea che unisce San Pietro alla Francia, può considerarsi come definitivamente stabilita. Tra due giorni al più tardi, lo *Scanderia* si metterà in cammino per immergere il canapo che unirà San Pietro col continente americano, e compierà così la comunicazione fra due mondi.

La Società del telegrafo transatlantico francese ha dunque compiuta l'opera sua. Quanto al *Great-Bastara* la sua missione è finita; fra due giorni esso riparte per l'Inghilterra, fra qualche settimana esso ricomincerà a ricevere nei suoi magazzini il canapo lungo 3200 chilometri, che deve unire Aden a Bombay attraversando l'Oceano indiano.

La spedizione terminata in modo sì splendido e felice è sotto ogni aspetto una vera meraviglia di scienza fisica e meccanica che onora altamente i grandi ingegneri che hanno diretta la parte tecnica dell'impresa; meraviglia di scienza nautica da parte dell'abile marinaio, che ha saputo condurre la sua nave da un capo all'altro dell'Atlantico senza deviare un sol momento dall'itinerario prestabilito. Il signor Halpin è degno allievo di sir James Anderson, l'illustre suo predecessore. Riuscendo per la terza volta a stabilire una comunicazione sottomarina tra l'Europa e gli Stati Uniti, il *Great-Bastara* ha vittoriosamente dimostrato che la telegrafia interoceanica ha definitivamente preso posto nel dominio delle applicazioni industriali d'un beneficio sicuro e regolare.

IV.

Trasmissione della carica elettrica in un canapo subacqueo. — Durata dei periodi di carica e di scarica. — Esperienze di Varley. — Ricevitore di Thomson per i telegrafi sottomarini. — Successioni di correnti positive e negative. — Condensatore di Varley. — Proposta di Zantedeschi.

Ed ora che abbiamo alla meglio compiuta la narrazione delle vicende e dello sviluppo della telegrafia sottomarina, crediamo nostro debito descrivere sommariamente gli apparecchi speciali impiegati per la trasmissione dei segnali nelle lunghe linee sottomarine. Il lettore ci sarà

grato certamente se a tal uopo ci varremo della lucida descrizione data recentemente dal chiarissimo prof. Dr. Rinaldo Ferrini (1).

(1) ANNUARIO SCIENTIFICO ED INDUSTRIALE, anno sessa, (1892), Milano, 1892, E. Treves Editore; pag. 477 a seg.

« Giova premettere che il modo particolare con cui si propaga la carica elettrica in un canapo telegrafico rendo disadatto l'impiego e gli ordinari apparecchi che si adoperano sulle linee terrestri, quali sarebbero, per esempio, quelli di Morse, di Bain, ecc. Ed ecco il perché:

« Ogni qualvolta si pone in comunicazione, mediante un manipolatore, un lungo filo telegrafico con uno dei poli d'una batteria voltaica di cui l'altro polo sia posto in relazione col terreno, si sa che lo stato elettrico si manifesta immediatamente all'estremità più lontana dalla pila, ma debolissimo sul principio, e quindi con una intensità crescente per gradi fino ad un certo limite, al di là del quale essa rimarrebbe costante finché dura la stabilità della comunicazione, se l'azione della pila si mantenesse pure costante. Raggiunto questo limite si dice che il conduttore è in *istato permanente*, mentre lo si dice in *istato variabile* o nel *periodo di carica*, nel tempo che passa tra la chiusura del circuito e lo stabilirsi dello stato permanente. La durata del periodo di carica, comunque brevissima, dipende però, tra l'altre cose, dalla qualità del conduttore e dipende inoltre dalla lunghezza della linea; essendo proporzionale al quadrato di questa ed alla potenza della batteria; non è, per esempio, che di $\frac{1}{100}$ di minuto secondo per una linea telegrafica ordinaria di 570 chilometri, attivata da una batteria di 60 coppie alla Bunsen. — Apprendosi in seguito il circuito, lo stato elettrico non s'avvanisce d'un tratto, ma l'intensità, come era cresciuta, così ora diminuisce per gradi e si ha un altro stato variabile in senso inverso del precedente che diremo *periodo di scarica*. Anche questo periodo è assai breve, però meno del periodo di carica del quale è circa quattro volte più lungo. Fra l'uno e l'altro periodo, sulla linea indicata, si perderebbe adunque un decimo di secondo. Per queste ragioni, il numero dei segnali trasmissibili in un dato tempo incontra un limite insuperabile. Bisognerebbe infatti aspettare che sia scarica ed almeno quasi scarica la linea prima di richiudere il circuito per trasmettere un altro segnale; bisognerà lasciar pure qualche intervallo tra un segno e l'altro; onde, supposto che questo non sia che un decimo di secondo, ognuno vede che non sarà possibile trasmettere al di là di cinque segnali al secondo o di trecento al minuto primo. È questo anzi un limite teorico che non si potrà raggiungere ed a cui si potrà solo cercare d'avvicinarsi; basti notare, tra le altre cose, che il nucleo delle elettro-calamite non si smagnetizza nemmeno esso istantaneamente.

« Nei canapi sottomarini i periodi di carica e scarica offrono una durata ben più ragguardevole di quella che dovrebbe risultare in fili telegrafici aerei di pari lunghezza e conduttività ed attenti della stessa batteria. Per comprendere come ciò avvenga, consideriamo che i loro fili di rame, sepolti in una materia coibente, circondati all'esterno da un buon conduttore qual'è l'acqua marina, devono trovarsi nelle condizioni dell'armatura inferiore d'una bocca di Leyda e che il canapo quindi verrà a costituire come un immenso condensatore di elettricità.

« Ora tutti sanno che a caricare una batteria di bocche di Leyda, o una serie di quadri frankliniani ci vuole un numero di giri molto più considerevole del disco di

una macchina elettrica, che si ruoti con velocità costante, che non per caricare alla stessa tensione una serie di conduttori isolati aventi una superficie di area eguale a quella delle armature delle bocche o dei quadri pesti in relazione colla macchina, e ciò a motivo dell'accumularsi delle opposte cariche elettriche sulle facce delle armature d'un condensatore che si trovano a contatto del coibente interposto. Quei numeri di giri rappresentano manifestamente delle durate analoghe a quello dei periodi di stato variabile di cui si è ora discusso. Istessamente se parecchi punti di un circuito telegrafico verranno posti in relazione colle armature interne di altrettanti condensatori di cui le armature esterne comunicano col terreno, si troveranno di molto prolungati i periodi di stato variabile; non si avrà difatti lo stato permanente che dopo caricati quei condensatori, né si ritornerà allo stato naturale che colla scarica completa dei medesimi. Ora un canapo telegrafico viene appunto a trovarsi nelle condizioni di un tale circuito, tranne che, in luogo di esservi applicati dei condensatori a parecchi punti di esso, la condensazione vi ha luogo in ogni punto del conduttore. »

Queste previsioni furono rigorosamente confermate da accurate sperienze istituite dal signor C. F. Varley; questi costruì un conduttore (composto d'una serie di undici rochetti di filo di nichel) che in breve spazio presentava una resistenza alla trasmissione pari a quella del canapo transatlantico inglese. « In ciascuno dei punti di giunzione di un rochetto di filo di nichel col successivo, si può stabilire o togliere la comunicazione con un condensatore, ed un meccanismo assai semplice permette di stabilire od interrompere contemporaneamente tali comunicazioni in tutti quei punti. Dieci galvanometri sensibilissimi a riflettere, sono inseriti ad uguali intervalli nel conduttore che si sperimenta. Ora, se, tolte le comunicazioni coi condensatori, si lancia una corrente in uno dei due conduttori, gli aghi dei dieci galvanometri deviano sensibilmente insieme e insieme ritornano allo zero all'aprir del circuito. Ma, introdotti all' invece nel circuito i condensatori, le cose cambiano d'aspetto. I galvanometri deviano l'uno dopo l'altro in modo assai marcato e ci vuole un tempo apprezzabile prima che si veda la corrente manifestarsi all'estremità della linea. Aprendo il circuito presso la pila, i galvanometri continuano ancora per un po' di tempo a segnare una corrente, l'intensità della quale cala bensì in ciascun punto, ma molto più rapidamente nel luogo ove s'è aperto il circuito, che nei punti di mano in mano più discosti.

« Sir William Thomson espresse molto chiaramente il differente modo di propagarsi della corrente nei fili aerei e nei conduttori sottomarini col seguente paragone: Si è usato, egli dice, qualche volta su piccola scala per trasmettere dei segnali sott'acqua, un telegrafo consistente in un tubo metallico pieno d'acqua e comunicante ai due capi con una breve canna chiusa da un imbolo. Se alla stazione mittente si spingerà in dentro lo stantuffo, supposto il tubo perfettamente rigido e l'acqua affatto incompressibile, l'altro stantuffo verrà cacciato fuori d'altrettanto, e se il primo stantuffo verrà ritirato per un certo tratto, l'altro seguirà fedelmente

ti suo movimento; qualunque più piccolo moto in un senso o nell'altro di uno stantuffo sarà ricoperto nella stessa misura e nello stesso senso dal secondo. Si comprende che movimenti impressi così in varia misura e in vario senso dall'uno all'altro stantuffo possano adoperarsi come segnali analoghi a quelli che si usano negli alfabeti telegrafici di Steinheil e di Morse. — Ma fingiamo ora che al tubo metallico, ritenute le altre disposizioni, ne sia sostituito uno di materia cedevole, per esempio, di caoutchouc o di cuoio; è facile presumere come andranno le cose. Si spinga indentro ancora il primo stantuffo; l'acqua, cacciata innanzi, trasmettendo in ogni verso la pressione ricevuta, obbligherà il tubo a gonfiarsi per un certo tratto, e soltanto allorché questo per reazione elastica tornerà a restringersi, quel primo urto sarà comunicato per intero ad un egual tronco consecutivo della colonna liquida; questo alla sua volta sotto quella compressione farà gonfiare il tronco di tubo contiguo al precedente e così innanzi di mano in mano, di sorta che prima che l'altro stantuffo

abbia a fare un moto percettibile, ci vorrà un tempo notevole che potrà essere più o meno lungo a seconda delle circostanze. Se invece di spingere in dentro lo stantuffo, lo si fosse ritirato, a quel primo moto sarebbe avvenuta una strozzatura nel primo tronco di tubo che a poco a poco si sarebbe propagata innanzi, come prima il rigonfiamento. — Kbbene, la propagazione del moto da uno stantuffo all'altro che si ha in questo apparecchio si può paragonare a quella dell'onda elettrica, in un conduttore aereo nel caso del tubo metallico, e in un conduttore sottomarino nel caso del tubo cedevole; l'effetto della condensazione vi è qui sostituito da quello delle reazioni elastiche alle pareti. Non solo i caratteri generali della propagazione del moto in un caso o della corrente nell'altro si riscontrano gli stessi, ma perfino la legge matematica dell'azione totale riesce identicamente la stessa ove si supponga, nel caso del canapo telegrafico, che il movimento dell'acqua nel tubo sia impedito da una materia porosa (p. es. da piccoli pezzi di caoutchouc, disseminati uniformemente su tutta la sua lun-

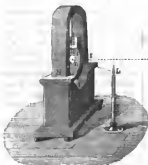


Fig. 214. SINTETTORE DI THOMSON PER TELEGRFO TRASATLANTICO.



ghera) o dotata di sufficiente elasticità per farne il tubo ad allargarsi a riempirlo, o per cedere alla pressione delle sue pareti quando si contraggono.

« Per quanto si è detto, il periodo di carica nel canapo trasatlantico, invece di durare qualche frazione di secondo, come farebbe in un filo aereo, durerà parecchi secondi; più ancora ne esigerà il periodo di scarica. Ora siccome per trasmettere un nuovo segnale bisogna che cessi quasi interamente lo stato di tensione o che il conduttore sia quasi interamente scarico, così è chiaro che questo fatto dovrà limitare di molto la velocità della trasmissione dei segnali. Anche valendosi di un *relais* che apra o chiuda il circuito di una pila locale destinata ad agire immediatamente sopra un ricevitore di Morse, è d'uopo che la corrente acquisti un certo grado d'intensità per produrre il movimento dell'ancora del *relais* vincendo la resistenza della molla antagonista. Quali saranno i mezzi per combattere queste difficoltà ed ottenere una conveniente celerità di trasmissione telegrafica? — Il primo che si presentò fu naturalmente quello di adoperare invece di un ricevitore di Morse o

di Bain un altro d'altra foggia e tale che, per funzionare non richieda che una debolissima intensità della corrente. Con questo si potrà ottenere la produzione di un segnale anche durante il periodo di carica senza attendere lo stato permanente, cioè senza aspettare che l'intensità della corrente trasmessa tocchi il massimo grado. Accorciato il periodo di emissione della corrente sarà accorciato anche quello di scarica. Che se si trovasse modo di neutralizzare il conduttore appena dopo prodotto quel segnale è chiaro che esso troverebbe pronto a trasmetterlo subito un altro, e si vantaggioverebbe ancora nella velocità di trasmissione; questo fu un secondo problema risolto nel modo più felice da Thomson e da Varley. Resta un'altra difficoltà da superarsi; i conduttori telegrafici si trovano spesso percorsi dalle correnti telluriche ed elettro-atmosferiche; l'intensità delle quali è alle volte assai considerevole. Sopra una linea di 100 chilometri, da Londra ad Ipswich, Varley trovò, per es., che alle volte, in occasione d'aurore boreali, l'intensità della corrente tellurica giunse a paraggiar quella che sarebbe stata fornita da 160 ele-

tromotori alla Daniell. Ora, sia che la direzione di una tale corrente riesca concorde, sia che riesca contraria a quella della pila, è manifesto a chiunque quanto importi il rendere indipendente da queste correnti la trasmissione dei segnali telegrafici. Anche questo problema, come vedremo, fu ottimamente risolto da Varley.

« Il ricevitore immaginato da Thomson per la trasmissione dei segnali nei telegrafi sottomarini consiste in un galvanometro (fig. 214), il cui filo, presentante una resistenza di ben 24 chilometri, è avvolto a molti giri sopra un telaio circolare; al centro del telaio vi è un leggerissimo ago magnetico *as* pesante circa 22 milligrammi, sostenuto da un filo semplice di seta lungo un millimetro; quest'ago è attaccato alla faccia posteriore di un piccolo specchio, piano o concavo, del diametro di 8 millimetri, pesante quanto l'ago, cosicché il sistema formato dai loro insieme pesa meno di 50 milligrammi. Una debolissima corrente che percorra il filo del telaio basta a produrre una deviazione sensibile dell'ago; ma può bastare allo scopo telegrafico una deviazione che direttamente sia quasi impercettibile all'occhio. Dirighiamo infatti sullo specchio un fascio di luce emesso dalla fiamma di una buona lucerna *L*, e poniamo dirimpetto allo specchio un regolo orizzontale *E* portante delle divisioni equidistanti (fig. 215). In conseguenza delle



Fig. 215. PARTICOLARI DEL RICEVITORE DI THOMSON.

nole leggi della riflessione della luce, se si tien ferma la direzione del fascio incidente, mentre si ruota lo specchio, il fascio riflesso ruota di un angolo doppio, intorno al medesimo asse; perciò quando la sua lunghezza sia sufficiente, benché lo spostamento dello specchio riesca inapprezzabile, tuttavia esso potrà avvicinarsi od allontanarsi in modo distinto dal fascio incidente. Il fascio riflesso si comporta, insomma, come un lungo indice senza massa e senza inerzia che accompagna, ingrandendoli, i movimenti dello specchio e li accuea rischiarendo ora questa, ora quella delle divisioni del regolo che gli sta di contro. — Se lo specchio è concavo si piazzerà sul regolo un'immagine reale e capovolta della fiamma; se è piano, si otterrà la stessa cosa interponendo in giusta posizione tra lo specchio ed il regolo una lente di convergenza. Così tutte le volte che il galvanometro riceverà una corrente diretta in un modo, un osservatore vedrà passeggiare l'immagine della fiamma sul regolo, poniamo da destra a sinistra, e la vedrà spostarsi in verso opposto quando la corrente abbia direzione contraria. — Si è adottato per questa sorta di ricevitore l'alfabeto di Steinheil, che in sostanza non è altro che quello di Morse, dove ai punti è sostituita una deviazione dell'ago in un senso, per es., verso destra, mentre le linee sono indicate da un'escursione dell'ago in senso opposto. Non dovendo perciò i movimenti del-

l'ago avere ampiezze disuguali da un segno all'altro, degli arresti opportuni ne limitano la corsa che è sempre brevissima e di eguale estensione. Una calamita permanente N S, (fig. 214) a ferro di cavallo, che abbraccia il telaio ed i cui poli sono contrari a quelli più prossimi del piccolo ago, servono a ricondurlo nella posizione normale di riposo tosto che sia cessata l'azione deviatrica.

« Il sig. Varley ha perfezionato questo strumento chiudendo con vetri pieni la cavità del telaio galvanometrico e riempiendola d'acqua pura. Così mentre i movimenti dell'ago sono egualmente percettibili, sono tolte le cause di agitazione dipendenti dai tremulti del pavimento, e l'ago si riduce in quiete con maggior prontezza. Sostitui inoltre allo specchio una piccola lente inargentata ad una faccia e di due piedi e mezzo di distanza focale. Le curvature delle due facce vennero calcolate per modo che tenendo la sorgente luminosa a un piede e mezzo dal centro della faccia riflettente, lo schermo destinato a ricevere le immagini ne dovesse distare 8 piedi. Con ciò vengono assai amplificate le deviazioni e cresce la sensibilità dell'istrumento. Lo schermo poi consiste in un largo regolo di legno coperto di carta bianca, collocato dinanzi a un fondo nero; quando non passa corrente nel galvanometro, l'immagine della fiamma riflessa dal suo specchio, batte sopra un posto determinato del regolo; appena che l'ago sia deviato, quell'immagine si sposta sensibilmente verso destra o verso manca, secondo la direzione della corrente. — Siccome infine l'agitazione della fiamma etanca facilmente la vista dovendola guardare a lungo, così Varley vi rimediò circondando la fiamma di un tubo metallico, nel quale praticò una stretta fessura longitudinale; la fessura viene rivolta alla lente in modo da non lasciar passare che la luce emessa dalla parte tranquilla della fiamma. Allora sul regolo appare invece dell'immagine della fiamma quella della fessura rischiarata da essa, in forma d'un rettangolo lungo $\frac{3}{4}$ ed alto $\frac{1}{4}$ di pollice.

« L'organo manipolatore consiste in due chiavi, ciascuna delle quali è formata da una molla metallica che preme contro un'asta di metallo fissa. Dei fili conduttori conservano la comunicazione della linea telegrafica con un'ampia lastra di metallo sepolta nel terreno, finché una delle chiavi non venga stirata dalla mano dell'operatore; con ciò viene invece a stabilirsi la comunicazione tra la linea e l'uno o l'altro dei poli della pila secondo la chiave su cui è operato; mentre l'altro polo della pila è posto in relazione colla lastra testè nominata. Stirando una chiave si lancia dunque nella linea una corrente positiva, stirando invece l'altra vi si manda una corrente negativa. La fig. 216 mostra la disposizione dei ricevitori, dei manipolatori e delle batterie alle estremità della linea transatlantica francese. Prima di cominciare la trasmissione del dispaccio, con un organo particolare, che non è rappresentato nella figura, si esclude dal circuito il ricevitore della stazione scrivente.

« Abbiamo già detto che l'inconveniente derivante dalla lunghezza dei periodi di carica e scarica, nel cablografo transatlantico, fu felicemente eliminato; ci resta ora a dire come si ottene quest'importante risultato che abbrevia notevolmente il tempo necessario alla trasmissi-

sione del disaccoppiamento. In seguito ad accurate ricerche ed esperienze, il sig. Varley aveva proposto, sino dal 1853, di neutralizzare prontamente il conduttore sottomarino dopo un segnale positivo, inviandovi una corrente negativa immediatamente dopo la positiva, come fu adottato generalmente. Ottenne poi un notevole progresso sul metodo precedente, quando nel 1855 immaginò di lanciare per ciascun segnale positivo, prima una forte corrente positiva, di intensità e durata definita, indi una debole corrente positiva, destinata a produrre il segnale, e da ultimo una negativa per neutralizzare la linea. Maggiore rapidità di trasmissione si poté ottenere con una modificazione del metodo precedente, proposta nel 1858, da Thomson, la quale consisteva nell'impiego di tre correnti alternativamente positive e negative di pari durata, ma di ineguale intensità. Finalmente nel 1863, Varley perfezionò ancora il suo metodo, ed accrebbe ancora la rapidità facendo uso di quattro o cinque correnti di egual forza, ma di diseguale durata; dapprima, per esempio, una corrente positiva seguita da una negativa di lunga durata; poi un'altra positiva di durata molto minore, indi una negativa ancora più breve e da ultimo una positiva cortissima. Tutte queste correnti che s'incalzano come una serie d'onde positive e negative producono all'estremo più lontano della linea l'effetto di una piccolissima corrente positiva in modo ben distinto; il resto della linea riesce quasi completamente neutralizzato e pronto all'invio d'un altro segnale. — Non è d'uopo aggiungere che per un segnale negativo stanno le stesse cose, cambiati solo i segni delle correnti lanciate nel conduttore.

« È chiaro inoltre che quelle correnti dovranno spingersi nella linea in un tempo non maggiore di quello che può occorrere alla trasmissione del segnale.

« Per ultimo il signor Varley giunse a crescere di bel nuovo la rapidità di trasmissione nei cavi telegrafici e ad annullarvi l'influenza delle aurore boreali, delle burrasche magnetiche, e in genere delle correnti telluriche, nel seguente modo semplicissimo. L'estremità del filo del galvanometro ricevitore, che si suol porre in comunicazione con la Terra, venne invece connessa con una delle armature di un condensatore di 40,000 piedi quadrati di superficie, l'altra armatura del quale sta in buona comunicazione col terreno.

« Questo condensatore è costituito da una pila di fogli di stagnola separati da fogli di carta preparata, costituente un blocco largo 2 piedi, alto 3 e grosso 5 pollici, il quale è posto in una cassa piena di paraffina solida. Chiuso il circuito, il condensatore si caricherà, e quando l'armatura congiunta alla linea si sarà posta in equilibrio di tensione con essa, sarà intercettato il passaggio alla corrente, e l'ago del galvanometro ritornerà alla posizione d'equilibrio; facciamo ora che la corrente nella linea cresca o diminuisca: tosto l'ago devierà in un senso o nell'altro perché sarà rotto quell'equilibrio e la deviazione durerà finché questo non sia ripristinato. Così il galvanometro non segnerà più l'intensità della corrente ma le variazioni in più o in meno di tale intensità. In conseguenza di ciò non sarà più necessario di scaricare del tutto il canapo prima di trasmettere un nuovo segnale; basterà crescere o diminuire l'intensità

della corrente che lo percorre, e così si raggiungerà manifestamente una più grande celerità nella trasmissione dei segnali.

« Supponiamo ora che per l'elettricità atmosferica, o per altra causa, una corrente estranea si desti nel canapo e lo percorra. Queste correnti, sebbene alle volte poderose, non agiscono per lo più che a gradi, e le variazioni d'intensità che ne derivano non si fanno sensibili che dopo qualche minuto. Se il ricevitore connesso coll'estremità d'arrivo del canapo, fosse posto direttamente in comunicazione col terreno, il suo ago tradirebbe queste correnti con una deviazione continuata; essendo invece interposto il condensatore e non segnando l'ago che gli squilibri di tensione tra questo e la linea, avverrà che durante quelle lenti variazioni di intensità varierà quasi di pari passo la carica del condensatore, o l'ago non ne sarà affetto sensibilmente.

« Con tali ingegnose disposizioni, frutto di studi e di tentativi che durarono ben dieci anni, si poté ottenere una celerità di trasmissione di oltre otto parole per minuto, ossia, tenendo conto che ogni parola contenga in media 5 lettere o che ogni lettera venga indicata con due o tre o quattro segnali, si può dire essersi raggiunta una media di 10 a 120 segnali trasmessi per minuto ad una distanza di parecchie migliaia di chilometri. »

Prima d'abbandonare l'importante argomento della telegrafia transatlantica, crediamo nostro debito riferire un'interessante proposta del chiarissimo prof. Francesco Zantedeschi, contenuta in una lettera ch'egli indirizzò da Padova il 22 settembre 1860 all'illustre fisico A. Quelet a Bruxelles (1).

Come si è già avvertito, i lunghi canapi sottomarini impiegati per unire telegraficamente Europa e America si compongono di due armature metalliche, separate — come in una bottiglia di Leida — da sostanza coibente. L'armatura interna è formata dai fili di rame esclusivamente destinati alla trasmissione della corrente elettrica, l'armatura esterna si compone di fili di ferro che, nelle condizioni attuali, servono unicamente a proteggere i fili di rame. Il professore Zantedeschi propone di utilizzare contemporaneamente, per la trasmissione telegrafica, entrambe le armature; la corrente lanciata, ad esempio, dalla stazione europea lungo l'armatura interna (fili di rame) animerebbe l'apparato che dà i segnali — ossia il *ricevitore* — nella stazione americana, percorrerebbe poscia l'armatura esterna (fili di ferro), ritornerebbe in Europa ed imprimerebbe all'ago d'apposito *ricevitore* gli identici movimenti impressi allora allora all'ago del *ricevitore* americano. L'elettromotore voltiano,

(1) Vedi *L'Industria Italiana*, Anno IV, N. 3 Forlì, Gherardi, Edit., 1870.

stabilito nella stazione europea, avrebbe il polo positivo in comunicazione col pulsatore e questo sarebbe — durante la trasmissione — in comunicazione coll'armatura interna del canapo sottomarino; questa, giunta alla stazione americana, incontrerebbe il *ricevitore* e chiuderebbe il circuito coll'armatura esterna del canapo, la cui estremità europea sarebbe posta in comunicazione con altro *ricevitore*, il quale d'altra parte comunicherebbe col polo negativo dell'elettromotore voltiano; ad ogni abbassamento del pulsatore si chiuderebbe adunque — indipendentemente dalla Terra — il circuito del canapo europeo-americano e tutti i fili metallici si polarizzerebbero; polarizzazione che si estinguerrebbe

all'alzarsi del pulsatore, o all'aprirsi del circuito con una vibrazione che si estenderebbe a tutto il canapo compreso fra l'Europa e l'America; il *ricevitore* nella stazione americana si muoverebbe simultaneamente al *ricevitore* nella stazione europea. E così il telegrafista europeo ad ogni movimento del suo pulsatore, vedrebbe sotto i suoi occhi apparire il movimento analogo nel suo *ricevitore*, qualsiasi errore commesso nella trasmissione d'un dispaccio sarebbe immediatamente avvertito e corretto.

Come ben si comprende, l'invio d'un dispaccio elettrico dall'America all'Europa richiederebbe una disposizione inversa della precedente: un polo dell'elettromotore ed il pulsatore della sta-

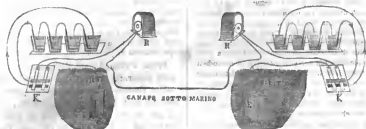


Fig. 218. Disposizione generale dell'organo ricevitore adottato nel telegrafo transatlantico.

zione americana dovrebbero comunicare fra loro e coll'armatura interna del canapo sottomarino, la cui estremità europea terminerebbe nel *ricevitore*, dal quale partirebbe l'estremità dell'armatura esterna che, giungendo nella stazione americana, percorrerebbe il *ricevitore* e terminerebbe — chiudendo così il circuito — nel secondo polo dell'elettromotore.

Qualora la riproduzione e verifica d'ogni singolo dispaccio non fosse reputata necessaria, il professore Zsütedeschi suggerisce di approfittare anche dell'armatura esterna per trasmettere attraverso ad essa dispacci originali, quando — per l'affluenza dei dispacci che talvolta si verifica — l'armatura interna non bastasse all'immediata trasmissione dei dispacci.

LA GALVANOPLASTICA.

I.

L'elettrolisi o decomposizione elettro-chimica. — Elettrolisi del vitriolo azzurro; deposito di rame sul reoforo negativo. — Produzione d'un intonaco di rame sopra oggetti metallici; riproduzione di statue, medaglie, intagli e simili. — Dorature e argentature economiche ed innocue agli operatori.

Fra le più belle applicazioni della pila di Volta vuol essere ricordata la *Galvanoplastica* che è l'arte — pienamente sconosciuta alle passate generazioni — entrata ormai nel campo industriale, di deporre a freddo, sopra un corpo qualsiasi, uno strato continuo d'oro, di rame, d'argento o d'altro metallo che riproduce con inappuntabile precisione ogni più minuto particolare del corpo adoperato.

Per rendersi conto dei processi impiegati nella galvanoplastica è mestieri rammentare che immergendo i due reofori d'una-pila, entro ad un liquido composto, uno dei componenti (ed anche più d'uno, se la sostanza è un composto di tre o quattro o più elementi o corpi semplici) apparisce all'estremità del reoforo positivo e l'altro componente (o gli altri) apparisce all'estremità del reoforo negativo. Come si è detto altravolta (pag. 98) questa decomposizione è chiamata *elettrolisi* e si dà il nome di *elettrolito* alla sostanza decomposta per opera della corrente.

« L'elettrolisi (1), come la più parte delle azioni chimiche, non può aver luogo se il corpo cimentato non è fluido; perciò la corrente elettrica scompone bensì l'acqua, ma non potrebbe scomporre un pezzo di ghiaccio. Gli elettroliti devono dunque, se non sono già fluidi di loro natura, ridursi fluidi, sia fondendoli, sia discogliendoli. E di qui poi nasce sovente una complicazione di fenomeni, giacchè sovente per discogliere l'elettrolito bisogna far uso di un liquido che è un elettrolito esso pure, laonde non solamente vien decomposta la sostanza disciolta, ma vien decomposto altresì il suo mezzo solvente. E se per caso i componenti di quella e i componenti di questa hanno affinità chimica tra loro, e se gli uni, o gli altri, o i composti che essi ponno formare hanno affinità pel metallo onde

son fatti i reofori, non è a dirsi che intreccio di reazioni chimiche può risultarne. Per un esempio, si voglia decomporre il vitriolo azzurro o *solfato di rame*, composto d'acido solforico ed ossido di rame. Questa sostanza è un elettrolito, ma poichè è solida, e non può fondersi (il calore la scompone prima di liquefarla) bisognerà discioglierla. Il mezzo solvente più comodo è l'acqua, che la discioglie benissimo. Ma l'acqua è un elettrolito essa pure, e quindi ecco quel che avviene tosto che la corrente comincia a passare per la dissoluzione, e quando i reofori siano di rame, come sono comunemente. Al reoforo positivo si sviluppano l'acido solforico del vitriolo e l'ossigeno dell'acqua; ma siccome l'ossigeno ha grande affinità col rame, così, di mano in mano che nasce, si combina col rame del reoforo, e ne risulta un ossido di rame; e siccome l'ossido di rame ha grande affinità coll'acido solforico, così esso pure alla sua volta, e a misura che si vien producendo, entra in combinazione coll'acido, e forma del solfato di rame, cioè forma del nuovo vitriolo azzurro. E siccome, per ultimo, questo vitriolo (come già dissi) è molto solubile nell'acqua, così, di mano in mano che si produce, va disciogliersi, per esser poi nuovamente decomposto, e via discorrendo. E tutte queste reazioni chimiche avvengono le une dopo le altre per ciascuna particella d'acido solforico e per ciascuna particella d'ossigeno con tanta prontezza, che non v'è tempo da raccogliersi al reoforo nè ossigeno, nè acido, nè ossido, nè solfato solido; e l'occhio scorge unicamente il prodotto finale, cioè il solfato già disciolto nell'acqua. Frattanto al reoforo negativo dovrebbe apparire l'ossido di rame, per conto del vitriolo; ma perchè vi si svolge eziandio l'idrogeno per conto dell'acqua. e l'ossigeno ha maggiore affinità per l'idrogeno che non ne abbia pel rame, così avviene un fe-

(1) JAMBONOLI, op. cit., pag. 202 o seg.

nomeno d'affinità elettiva; cioè l'ossigeno dell'ossido abbandona il rame per associarsi all'idrogeno, a formar acqua; e sul reoforo non si depone altra cosa fuorché il rame *metallico*. Ecco dunque un viluppo di fenomeni chimici che travisano, e in certo modo occultano, l'elettrolisi delle sostanze sperimentate. E appunto per tale complicazione dei fenomeni, e specialmente per quella ragione acconata poc'anzi, che l'osservatore vede bensì il risultamento finale, ma non può cogliere ad una ad una le fasi del processo chimico ond'esso è nato; per queste due ragioni non è meraviglia se talora i dotti discordino riguardo a questo processo. Voglio dire con ciò che si denno certi casi nei quali un'elettrolisi è sì complicata, che vi sono due o più maniere tutte plausibili di concepire come al reofori spariscono quelle sostanze che effettivamente vi appaiono.

« Abbiamo detto che, durante l'elettrolisi del vitriolo azzurro, il rame contenuto nel vitriolo si depone sul reoforo negativo; ora osservando con attenzione questo deposito, si scorge che esso ha coperta l'estremità del reoforo così puntualmente da rimasene sorpresi. Dovunque il filo aveva una prominenza od un'incavatura, una scheggia, un solchetto, dappertutto il rame depositato si è fedelmente adattato al reoforo, cosicchè questo è come vestito di una pellicola di rame che gli si è conformata perfettamente, non lasciando nè vani sotto di sé, nè punti scoperti. Ciò veduto, si affaccia quasi spontaneamente un'idea: se quella parte del reoforo negativo, la quale sta sommersa entro al liquido, avesse portato alla propria superficie non già cavità e prominenze cosnali, ma un filo lavoro di cesello o di bulino, nessuno dubita che il rame si sarebbe depositato colla stessa esattezza anche su queste superficie così lavorate. E se, invece di lavorare l'estremità del reoforo, noi attecchiamo a questa estremità un pezzo di metallo foggato e lavorato come più ci aggrada, per esempio, una signorina di ottone? In tal caso siccome il pezzo aggiunto, per essere conduttore, diventa esso medesimo l'estremità del reoforo, così è da presumere che il rame si deposerà su di esso; e per tal modo la signorina d'ottone, o generalmente il pezzo di metallo lavorato, si troverà rivestito di rame: e se ciò accade, le conseguenze bellissime già si prevedono.

« Gli effetti rispondono mirabilmente alla spe-

ranza. Allacciata la signorina al reoforo (e mediante il reoforo stesso, perchè vi sia contatto metallico) lasciamola lungamente tranquilla nel liquido, intanto che la pila continua ad operare; e in capo a questo tempo, cavandole fuori, vedremo ch'essa è vestita di rame in ogni sua parte con grande esattezza. Non v'è dunque alcun dubbio che questo nuovo fenomeno della corrente elettrica porta in sé il germe d'importanti applicazioni.

« Facendo con un temperino una scalfitura qualsiasi alla pellicola di rame, e cercando poi (coll'introdurre la lama fra la pellicola e la forma) di separare il rame dalla superficie metallica sottostante, si scoprono alcune particolarità del fenomeno che confermano le idee già concepite, e mostrano chiaramente e quali sorta d'applicazioni esso potrà servire. In primo luogo si scopre che il rame aderisce con forza notabile alla forma, tantochè in certe parti riesce difficilissimo od anche impossibile, il distaccarlo per mezzo del temperino. In secondo luogo si scopre che, oltre a questa forte adesione per la forma, esso ha forte coesione, cioè le sue particelle si tengono saldamente fra loro; poichè dovunque ci riesca di separarlo dalla forma, esso non si distacca già in polvere nè in pezzettini piccolissimi bensì a brani o frammenti alquanto grandi, mostrando con ciò che un pezzetto non ha potuto staccarsi dalla forma senza trar seco i pezzetti più prossimi che lo circondavano; e ciò prova che esso ha molta coesione con questi pezzetti. Avviene insomma qui ciò che suol avvenir quando vogliamo staccare un foglio di carta da una superficie ella fosse diligentemente impastata; non possiamo staccarlo in un sol pezzo, ed è inevitabile che lo stracciamo, perchè aderisce fortemente alla pasta, ma perchè d'altro canto è pur vigorosa la sua coesione, perciò non si distacca nemmeno a pezzettini piccolissimi, sibbene a larghi brani. Una terza particolarità interessante che ci presentano i frammenti della pellicola di rame è la loro grossezza, la quale è tanto maggiore, quanto più lunga fu la durata dell'operazione; cosa del resto affatto ovvia. Ma una quarta particolarità importantissima, e che il solo fatto poteva insegnarci, è la finezza prodigiosa, la fedeltà inarrivabile del lavoro nella superficie posteriore della pellicola, cioè in quella superficie per la quale essa aderiva alla forma. Ben si poteva prevedere, dal solo aspetto esterno,

che avremmo trovata una corrispondenza molto esatta tra la faccia posteriore dell'intonaco e la superficie dell'oggetto; ma il fatto vince l'aspettativa, giacchè certi dei brani che ci vien fatto di separarne portano nel loro rovescio l'impronta dell'originale con tal fedeltà da disgradarne tutto ciò che valente artefice potrebbe produrre. Se, per esempio, l'originale era un bassorilievo con figure d'animali o di piante, certi frammenti del deposito ci rappresenteranno nelle piante persino le costole delle foglie, e negli animali persino i peli; e se per caso la forma aveva qualche leggerissimo frego, il rame avrà riprodotto anche il frego.

« Dopo di ciò è palese ad ognuno che questa deposizione del rame per opera della corrente deve potersi recare a due diversi usi; primo, coprire stabilmente d'un intonaco di rame un oggetto di ottone, di ferro o di altre sostanze, sia per mutarne l'apparenza, sia per valersene a certi fini ai quali non servirebbe nel suo stato naturale. E secondo, fare una copia o quante copie vogliamo di certi oggetti scolpiti o intagliati come statuette di bronzo, medaglie, intagli in rame, e simili.

« Anche i mezzi generali da usarsi per conseguire piuttosto l'uno che l'altro di questi due scopi, non ponno esser dubbii. Se vogliamo coprire stabilmente un oggetto, converrà procurare quelle circostanze che favoriscono l'adesione; se vogliamo copiarlo, converrà procurare quelle che l'impediscono, acciò la copia si possa staccare dall'originale. Or noi sappiamo che alla buona adesione richiedesi un buon contatto mentre un pulviscolo, un pelo, insomma ogni poco di sostanza straniera che s'interponga fra due corpi, basta a far sì che l'adesione riesca debolissima, o manchi del tutto. Per conseguenza volendosi coprire di rame un oggetto, bisognerà nettarlo con gran diligenza, e così netto sospenderlo nella dissoluzione; e all'incontro, volendosi ottenere una copia, bisognerà anzi stendere sulla sua superficie, non dirò un intonaco, ma un legger velo di sostanza straniera, tanto che basti a impedire il contatto delle particelle del rame colla superficie dell'oggetto, senza travisare per altro sensibilmente la configurazione di questo. Per ripulire la forma servono diversi mezzi secondo la sostanza ond'è fatta; se, per esempio, la forma è di ottone, giova scaldarla fortemente (verso 400° C.), poi così calda tuffarla nell'acqua acidu-

lata fredda; quindi trasferirla in un vaso d'acido nitrico, e finalmente dopo alcun tempo cavarnela e porla ad asciugare nella segatura di legno calda. Quando si tratti al contrario d'impedire che il rame deposto aderisca alla forma, basta unger questa leggerissimamente con olio, o sego od altra sostanza grassa; il che si fa intingendo di tali sostanze uno spazzolino morbidissimo, e poi strofinandone delicatamente la forma. Ovvero si può espor questa un momento alla fiamma d'un pezzetto di pece greca o d'altro corpo resinoso, la qual porta seco una moltitudine di particelle solide impercettibili, e deponendole sul metallo vi stende quel sottilissimo velo che dicevamo poc'anzi. Quando il pezzo sia preparato colle accennate diligenze, e l'azione della corrente sia regolata a dovere, i risultamenti non lasciano nulla a desiderare. Se volevamo coprire la forma, essa è coperta interamente e puntualmente, sicchè l'oggetto sembra di rame; e l'intonaco è tanto più alto, e perciò può resistere tanto più a lungo senza lasciar apparire la sostanza che v'è sotto, quanto più lungamente avrà lavorate la pila. Se volevamo in quella vece copiare la forma, essa è copiata fedelissimamente, e la copia è una lamina tanto più grossa e robusta, quanto più lunga fu l'azione della corrente.

« Ma per comprendere l'importanza di questa bellissima invenzione, convien notare ch'essa non è ristretta al rame, e che invece di questo noi possiamo, per esempio, depor sulle forme l'oro, l'argento, il platino; metalli che per la bellezza dell'aspetto e per essere inalterabili all'aria ed alla maggior parte delle sostanze, sono molto più utili da rivestirne gli oggetti, che non possa essere il rame. Si può dunque indorare, inargentare, impiatinare per mezzo della corrente elettrica; e non v'è altro di diverso dalla galvanoplastica ordinarla, se non che, in luogo del vitriolo azzurro, s'impiegano certi elettroliti che contengono oro od argento, o platino; del che discorreremo più avanti. Rispetto all'importanza di questo ramo della galvanoplastica è d'avvertire che il metodo galvanico è di gran lunga più economico del vecchio metodo d'indorare o d'inargentare a fuoco, sia per le spese degli attrezzi e dell'operazione, che sono molti minori, sia per la quantità dell'argento o dell'oro che basta a rivestire l'oggetto, la quale parimente è molto minore. E questa economia è sì rilevante che, quantunque il lavoro sia meno durevole di

quel che possa ottenersi a fuoco, pure c'è tuttavia il tornaconto. Con 60 grammi d'argento si può ingarbiare una dozzina di posate, e resistono per 5 o 6 anni benché si adoperino tutti i giorni. Un altro vantaggio grandissimo di questi metodi galvanici in paragone del metodo a fuoco (1) è di essere innocui alla salute: laddove questo è molto lusinghiero, allorché gli operai vi maneggiano di continuo il mercurio, e facilmente accade che ne ispirino anche i vapori insieme coll'aria; e così per due vie, cioè dai pori della pelle e dai polmoni, il mercurio può agevolmente insinuarsi nel corpo. Or questo metallo ha una maligna efficacia sul corpo umano, e suoi cagio-

nere malattie d'occhi, tremori ed altri malanni. Nessuno pertanto negherà che quando pure il metodo galvanico non avesse altro vantaggio sul metodo a fuoco (il che poi non è vero), tuttavia per questo solo vantaggio d'essere innocuo, dovrebbe essere preferito.

Vedremo fra breve che anche nell'altro uso dello galvanoplastica, cioè nel riprodurre gli oggetti, quest'industria venne man mano ampliata con grande vantaggio; prima però di narrarvi i perfezionamenti introdotti nel processo primitivo crediamo dover narrare brevemente l'origine di quest'interessante applicazione della pila di Volta.

II.

Dorature e argonature elettro-chimiche eseguite da Brugnatelli nel principio del secolo. — Indifferenza dei fisici. — Osservazione e scoperta di Jacobi nel 1837. — La galvanoplastica all'Accademia di Pietroburgo. — Incoraggiamento imperiale. — Perfezionamenti introdotti successivamente da Jacobi.

Fin dal principio del secolo un illustre scienziato italiano, Luigi Brugnatelli (2) dimostrava potersi fare le dorature dei metalli mediante la corrente elettrica. Negli *Annali di chimica e di storia naturale* da lui pubblicati a Pavia (anno 1802, tomo XXI, pag. 148) si legge:

« La maniera più spedita di vedere ripristinati alcuni termosidi metallici in soluzione coll'azione della pila si è per mezzo degli ammoniuri metallici. Così facendo partire dai due poli positivo e negativo della pila due fili di platino, i quali colle loro estremità vadino a passare nell'ammoniuro di mercurio, dopo alcuni minuti vedesi il polo negativo coperto di goccioline di mercurio; di rame se era ammoniuro di rame, di cobalto se era quello di cobalto, d'arsenico se era d'arsenico. L'ammoniuro di platino che lo ho ottenuto ed esaminato ultimamente servi a ripristinare il platino sopra l'oro col mezzo menzionato; il platino ripristinato sull'oro ha un colore che inclina al nero, ma soffregrato fra la pie-

gatura d'una carta prende il brillante dell'acciaio. L'ammoniuro d'oro servi a ripristinare l'oro sull'argento, ciò che riuscì in breve tempo. »

Aggiungiamo poi che in una lettera indirizzata da Brugnatelli — nel 1802 — al *Journal de physique et de chimie* di Van Mons (Tom. V, pag. 357) il chimico paveso diceva:

« Recentemente ho dorato assai bene due grandi medaglie d'argento, facendole comunicare, mediante un filo d'acciaio, col polo negativo d'una pila di Volta, e tenendole, l'una dopo l'altra nell'ammoniuro d'oro recentemente preparato e ben saturo. »

Nel 1807 Giov. Batt. Gagliardo, compagno al Brugnatelli nel fervido amore dei relativi prediletti studi scientifici e tecnici, conosciuta l'importanza della scoperta *brugnatelliana*, si fece sollecito di riferirla (1) sotto l'aspetto artistico e manifatturiero, nei termini seguenti:

parte nella redazione di parecchi periodici scientifici dei quali diamo i titoli: *Biblioteca fisica* (1788-91); — *Giornale fisico medico* (1792-93); — *Annali di chimica* (1790-1825); — *Memorie di medicina, la compagna di fisica* che poi le continuò da sé solo; — *Giornale di fisica, di chimica e di storia naturale* (1825-1838); — Pubblicò un *Traité de chimie* che fu il primo corso originale di tale scienza che vedesse la luce in Italia. Compilò e pubblicò le *Farmaceutiques générales*, ecc. (1807-1807) che fu tradotta in francese. La sua *Lezione umanitaria*, ecc. Pavia, (1819) lo fu, opera postuma — stampata per cura di suo figlio — egregio lavoro frutto di osservazioni fatte nel corso di 30 anni, sono ricerche chimiche e mediche intorno le sostanze pietrose che si formano in diverse parti del corpo umano e particolarmente nelle vesiche.

(1) *Biblioteca di compagne*, del GIULIANO MISNO, Olivetti, 1807, tom. X, pag. 182-186.

(1) Per dorare il bronzo ed il rame si collegava l'oro in una certa quantità di mercurio, l'amalgama così formata veniva applicata alla superficie del corpo che volevasi dorare. Poiché si sapeva quest'ultimo, così ricoperto d'amalgama, all'azione del fuoco, il mercurio si evaporava e lasciava alla superficie del metallo uno strato d'oro; che, mediante il bruciello, acquistava lucentezza. La necessità di tenere le mani costantemente in contatto col mercurio ed essere più la precauzione dei vapori di questo metallo nell'atmosfera del laboratorio, alteravano rapidamente la salute degli operai doratori.

(2) BRUGNATELLI LUIGI GASPARE, medico, fisico e chimico, nacque a Pavia nel 1781, morì il 24 agosto 1818. Laureatosi in medicina nel 1794 fu nominato ripetitore di chimica al collegio Ghislieri di Pavia, poi supplente, per la stessa materia, all'Università, ove fu nominato professore titolare nel 1796, contribuì non poco con le sue lezioni a rendere popolare la chimica in Italia. Prese attivissima

Arti e manifatture: maniera d'indorare le medaglie ed i fini pezzi d'argento col galvanismo, del signor Brugnatelli P. professore di chimica della R. Università di Pavia. « Ad una parte di saturato di soluzione d'oro nell'ossisepiomuriato (acido nitromuriatico) si aggiungono sei parti di ammoniaca liquida, nella quale decomposta la dissoluzione, precipita il termossido d'oro (ossido d'oro) ed una porzione di esso tosto lo scioglie formando l'ammoniuro d'oro. Codesto miscuglio si raccoglie in un recipiente di vetro. I lavori che si destinano alla doratura, i quali possono essere anche finissimi, si attaccano bene ad un filo d'acciaio o di argento, che poi si mette in comunicazione col polo negativo di una buona pila voltiana. Il pezzo d'argento da indorare dev'essere interamente immerso nel liquido contenente l'ammoniuro d'oro. La catena galvanica si chiude per mezzo di una grossa benda di cartone bagnato, che dall'ammoniuro passa al polo positivo della pila. Dopo alcune ore di galvanismo l'argento si trova ottimamente indorato. Il colore dell'oro si avvia col mezzo conosciuto, e così lo splendore si rende vivacissimo colla spazzola dei doratori. »

Questa notizia passò inosservata. Trent'anni dopo tutta Europa acclamava il prof. Jacobi (1) inventore della galvanoplastica; i meriti del Jacobi sono incontrastabili tuttavia essi non devono farci dimenticare le dorature elettriche realmente ottenute dal fisico di Pavia.

Nel febbraio 1837, Jacobi che era professore di fisica nell'Università russa di Dorpat, eseguiva alcune esperienze elettriche con una pila di Daniell. Come si è già detto (pag. 100) questa pila contiene una lastra di rame immersa in una soluzione di vitriolo azzurro (solfato di rame), il quale — sotto l'azione della corrente elettrica — si decompone e deposita (Vedi pagina 102) sulla lastra un'incrostazione di rame tanto più grossa quanto più lunga è la durata della corrente.

Terminata l'esperienza il professore ritirò, dalla coppia di Daniell, la lastra di rame e volle pulirla; durante quest'operazione si staccarono dalla lastra delle pellicole di rame, e si suppose allora che la lastra fosse di cattiva qualità e ne rimproverò il fornitore, questi « sotto l'usbergo del sentirsi puro » dichiarò che quel rame era del migliore. Jacobi esaminò con tutta attenzione le singole pellicole e riconobbe, sulla loro faccia interna, tracce di colpi di lima e di martello, che riproducevano con meravigliosa precisione, altre tracce consimili esistenti sulla superficie esterna della lastra di rame! Il rame — proveniente dall'elettrolisi del vitriolo azzurro — depositatosi a

poco a poco sull'elemento elettro-negativo, ne aveva dunque fedelmente riprodotta la superficie esterna.

Il professore comprese tosto la somma importanza del fenomeno osservato; ripeté l'esperienza e in luogo d'impiegare, come elemento della pila di Daniell, una lastra liscia di rame, fece uso di una lastra — di questo metallo — sulla quale aveva tracciate, col bulino, alcune lettere e alcune figure; dopo qualche tempo l'elettrolisi del vitriolo aveva formata, sulla lastra, un'incrostazione di rame; staccatala e la ravvisò sopra essa, in rilievo, una fedelissima riproduzione dei singoli segni precedentemente tracciati col bulino sulla lastra di rame.

Il primo saggio delle riproduzioni così ottenute, fu presentato all'Accademia delle Scienze di Pietroburgo, il 5-17 ottobre 1838, che lo accolse col massimo interesse. Il professore Jacobi fu presentato dal ministro della pubblica istruzione allo czar Nicolò, il quale pose tosto a disposizione del fortunato professore i fondi necessari per proseguimento delle iniziate ricerche sperimentali, e così Jacobi poté grado grado perfezionare la sua invenzione. Ei non tardò a riconoscere che non è necessario — come dapprima eragli sembrato — che l'oggetto da riprodurre sia parte integrante della pila, il risultato riesce anzi più soddisfacente allacciando l'oggetto — che si vuol riprodurre — al reoforo negativo d'una pila ed immergendolo in un bacino contenente la soluzione di vitriolo azzurro, nella quale si immerge pure l'altro reoforo della pila.

Anche questa disposizione presenta un inconveniente poichè la soluzione di solfato di rame si impoverisce rapidamente ed è quindi necessario rinforzarla di continuo con nuovi cristalli di vitriolo; Jacobi trovò modo d'evitare quest'incomoda operazione, poichè riconobbe, nel 1839, che l'intento è facilmente raggiunto immergendo nella soluzione di vitriolo una lastra di rame congiunta al polo positivo; questa lastra che fu detta *anodo elettrico solubile* si scioglie gradatamente in seno al liquido e restituisce a quest'ultimo il rame che va ad incrostare l'oggetto unito al polo negativo. Questa scoperta esercitò immensa influenza sui progressi della galvanoplastica; l'operazione riesce notevolmente semplificata e può servire alla riproduzione d'oggetti d'ogni dimensione.

Tuttavia le applicazioni della galvanoplastica

(1) Jacobi Hermann, nacque a Potsdam (Prussia) nel 1790; nel 1834 fu nominato professore di fisica all'Università di Dorpat.

rimanevano necessariamente ristrette alla riproduzione d'oggetti di metallo, o generalmente di sostanza conduttrice per l'elettricità. E nel vero, poichè l'oggetto fa l'ufficio (come s'è visto) dell'estremità del reoforo, e poichè il metallo non si depone sovr'esso se non perchè esso fa quest'ufficio, egli è ben chiaro che quando l'oggetto fosse coibente, non vi si deporrebbe più nulla. — Una nuova scoperta di Jacobi fece conoscere che per raggiungere l'intento basta che il modello sia conduttore *alla superficie*, niente importando che esso sia coibente all'interno. Anche in questa scoperta ci fu aiutato dal caso e dall'attento e diligente suo aprito d'osservazione: un giorno egli era tutto intento a costruire una poderosa batteria elettrica mediantemente un gran numero di coppie di Bunsen; per rendersi conto dell'energia che avrebbe avuto la batteria si misurò anzitutto necessario riconoscere con ogni cura il grado di resistenza che i singoli vasi di terra porosa, impiegati come diaframmi, presentavano al passaggio della corrente. Dopo d'aver esaminato e verificato ciascun vaso ci segnò con una matita di piombaggine quelli riconosciuti più appropriati all'ufficio cui erano destinati, preparò con questi la batteria che gli abbisognava e la mise in azione. Ad esperienza compiuta ci fu non poco sorpreso scorgendo che i segni da lui fatti con la piombaggine sui vasi di terra porosa erano ricoperti da un'incrostazione di rame — proveniente dalla soluzione di vitriolo azzurro, nella quale i vasi stessi erano rimasti immersi come in ogni coppia alla Daniell — mentre tutte le altre parti del vaso non presentavano traccia al-

cuna di rame. Jacobi comprese tosto che la piombaggine da lui impiegata a tracciare quei segni, essendo conduttrice dell'elettricità, aveva permessa l'incrostazione. Ei ne trasse immediata applicazione: prese un oggetto formato di sostanza non conduttrice come il gesso e la cerallacca, ne ricoperse la superficie con vernice di piombaggine, lo congiunse al polo negativo della pila e lo immerse nella soluzione di solfato di rame; fece pescare in questa soluzione anche il polo positivo della pila. In capo a qualche tempo ritirò dalla soluzione l'oggetto sperimentato e riconobbe con sua piena soddisfazione che, grazie alla piombaggine, l'incrostazione metallica era perfettamente riuscita, come se l'oggetto fosse stato di sostanza conduttrice.

Quest'importante scoperta diede un nuovo impulso alla galvanoplastica, poichè grazie ad essa si poterono copiare oggetti di legno, di vetro, di porcellana, di gesso, e a dir breve, oggetti d'ogni sorta, sol che si renda conduttiva la loro superficie *metallizzandola* ossia strofinandola con minutissima polvere di piombaggine (che è la sostanza di cui sono fatte le matite e che non è altro che carbonio). La configurazione dell'oggetto — che vien preso per modello — non rimane punto travisata, perchè la tenerezza della spalmatura è estrema. In certi casi l'oggetto vuol essere preparato in un modo particolare prima di metallizzarlo: per esempio i gessi conviene immergerli dapprima nell'acido stearico fuso, del quale essi prontamente s'imbevono fin nelle parti più interne e dopo di ciò si può metallizzarli.

III.

Inettitudine d'un'incrostazione metallica a dare una fedele rappresentazione dell'oggetto incrostatato. — Necessità di preparare una copia negativa per rinvenire una perfetta copia positiva. — Pregi delle negative in gutta-perca. — L'apparato semplice per la ramatura degli oggetti e per la riproduzione in rame d'un modello. — L'apparato composto e la doratura ed argentatura elettro-chimiche. — Cautele necessarie. — Oreficeria policroma.

« Abbiamo detto (1) che la copia veramente fedele dell'originale è quella fatta dello strato metallico per la quale esso strato lo toccava prima di esserne distaccato. Conseguenza che tutti i rilievi dell'originale sono sempre rappresentati nella copia da incavi e viceversa: donde, benchè nella copia sia fedelissima, pure sotto questo rispetto può dirsi che essa è il rovescio dell'ori-

ginale; possiamo chiamarla copia *negativa*, come i fotografi chiamano negative quelle immagini fotografiche nelle quali sono chiare le parti che negli oggetti erano scure, e reciprocamente (pagina 10). Desiderandosi una copia *positiva*, cioè concorde coll'originale anche nel rispetto accennato, i galvanoplastici fanno quel che abbiamo visto praticarsi dai fotografi: voglio dire che adoperano la copia negativa come un modello e così

(1) *Accademici*, Op. cit., pag. 991 e seg.

ottengono una seconda copia dove i rilievi e gli incavi corrispondono a quelli dell'originale.

« Forse taluno s'immaginerà che usando particolari diligenze si potrebbe per avventura ottenere che lo strato metallico riuscisse così fedele al modello esternamente come lo è per di sotto. Ma questo tale s'inganna, perchè la minor fedeltà della superficie esteriore non è un difetto accidentale che possa imputarsi a imperfezioni del procedimento, bensì un difetto inevitabile ed una conseguenza necessaria d'un principio matematico. Il qual principio merita d'essere riferito anche perchè potrà tornarvi utile in altre occasioni.

« Ecco dunque il principio: Se a due quantità differenti vengono aggiunto o levato due quantità eguali tra loro, la proporzione dei risultamenti è diversa dalla proporzione delle quantità primitive. Per esempio, 100 è doppio di 50, ma se aggiungiamo 5 ad entrambi, 105 non è già doppio di 55. Parimenti, se leviamo 8 ad entrambi, il resto 92 non è già doppio del resto 12: e così generalmente.

« Si può notare che 105 è meno del doppio di 55, e che all'opposto 92 è più del doppio di 42; dunque l'aggiunta ingrandisce troppo quella quantità che è minore dell'altra, sicchè ella non si trova più tanto piccola in proporzione della compagna quanto lo era in principio; e la sottrazione l'impiccolisce troppo, sicchè ella si trova ancor più piccola di prima, in proporzione della compagna. A dir breve, gli aumenti e le diminuzioni riescono più sensibili nella quantità più piccola, come è anche assai naturale a pensarsi.

« Posto che aggiungendo o levando quantità eguali a due quantità differenti la proporzione di queste si altera, ognuno si persuade che aggiungendo o levando quantità opportunamente diverse tra loro, si potrà fare che la proporzione non s'alteri. Or l'opportuna differenza si è che le aggiunte o i difalchi abbiano tra loro lo stesso rapporto delle quantità primitive; per esempio, aggiungendo 24 a 100 e 12 a 50, risultano 124 e 62; e come 100 è doppio di 50, così anche 124 è doppio di 62.

« È facile trovare parecchie applicazioni molto famigliari di questo principio. Quando, per esempio, un oggetto viene involto in un panno o in una carta a più e più doppi, la sua figura, per così dire, va perdendosi a poco a poco. La ragione è che l'ingrossamento riesce più sensibile nelle parti men grosse, e così le inuguaglianze della superficie, che costituiscono appunto la sua figura, appariscono diminuite. — Ognuno può aver notato che la neve dissimula in certo modo le forme dei corpi sui quali cade; un campo ineguale e sparso di piccole eminenze sembra notabilmente spianato quando è tutto coperto di

neve, perchè l'altezza di questa essendo aggiunta alle altezze di tutte le parti del terreno rende meno sensibile la disparità fra le parti basse e le parti elevate. — Se uno vuole impiccolire una figura di carta col ritagliarne un orlo in giro, quest'orlo non dev'essere largo ugualmente in tutte le sue parti, giacchè, in tal caso, le proporzioni della figura riuscirebbero alterate; a cagion d'esempio, le braccia risulterebbero troppo corte in paragone delle gambe. E reciprocamente, se alcuno, per ingrandire una figura disegnata, si immaginasse di seguitarne fedelmente i contorni colla matita, lasciando sempre un medesimo intervallo fra questi contorni e la linea nuova, si ingannerebbe; giacchè l'ingrandimento avrebbe maggior effetto nelle parti minori, e, per esempio, il capo riuscirebbe sproporzionato al busto per soverchia grandezza. — Per la stessa ragione una statua, od un bassorilievo che vengano raschiati si deformano se l'operazione non è fatta da mano perita, che sappia con giusta misura proporzionare le diminuzioni alle parti che vengono diminuite; e il medesimo sconcio può nascere dall'applicare una vernice od altro intonaco a similanti lavori; tanta è la finezza dell'occhio nel sentire le proporzioni.

« Ma per non dilungarci più oltre dal nostro argomento, è facile intendere come lo strato metallico deposto col processo galvanoplastico sopra un modello non possa, nella sua superficie esteriore, rappresentare fedelmente questo modello. Giacchè, per essere uniforme o quasi uniforme la sua grossezza, esso convaglia ai nostri occhi le prominenze e le cavità dell'originale, precisamente come s'è detto or ora degli involti e della neve. È dunque impossibile che la copia risulti perfettamente fedele se non da quella parte che tocca il modello; o con altre parole, la copia galvanoplastica fedele di un modello non può essere se non la sua copia negativa. E perciò finalmente è inevitabile di dover procacciare una *copia negativa di una copia negativa*, per ottenere una positiva fedele. »

Non è però necessario ricorrere alla galvanoplastica per ottenere entrambe queste negative, l'intento è ugualmente raggiunto anche facendo uso — per la prima negativa — di sostanze plastiche come il gesso, la gelatina, la stearina e la gutta-perca; generalmente si preferisce quest'ultimo sistema che non altera punto la superficie del modello, poichè in molti casi questi si alle-

rerrebbe qualora fosse necessario lasciarlo immerso per molte ore nel bagno elettro-chimico. Fra le sostanze plastiche suaccennate la più preferita è la gutta-perca, poichè oltre al vantaggio che essa offre di riprodurre, con la più squisita delicatezza, tutti i più minuti particolari del modello, milita a di lei favore la sua naturale elasticità che permette di staccarla dal modello senza che la riproduzione riesca menomamente deformata. La gutta-perca vuol essere applicata a caldo sul modello, poichè allora è pastosa e molle, quindi la si comprime sotto ed un torchio od anche semplicemente con la mano obbligandola

a penetrare in tutti gli incavi del modello; si continua a premerla fino a che raffreddandosi è diventata dura, quindi la si stacca con precauzione dalla superficie del modello, del quale si ha per tal modo un'esatissima copia negativa.

Se l'oggetto ha una sola faccia, come sarebbe il caso d'un bassorilievo o di un'iscrizione, l'operazione si fa in una sola volta; trattandosi invece d'un oggetto a tutto rilievo, come una medaglia, un oggetto d'oreficeria, una statua, l'operazione vuol esser fatta in due o più riprese poichè altrimenti l'originale rimarrebbe imprigionato nella riproduzione. In ciascuna ripresa

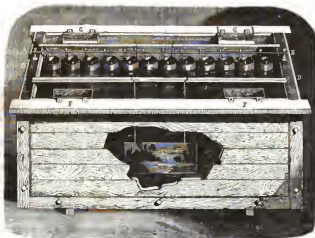


Fig. 217. APPARATO SEMPLICE PER LA GALVANOPlastica.

si ottiene una copie negativa d'una porzione dell'oggetto; ciascuna di queste porzioni, viene poi, come ora ora diremo, riprodotta con la galvanoplastica, e le parti così ottenute vengono poscia accuratamente riunite con saldatura metallica e presentano l'esatta copia positiva dell'oggetto.

Ottenuta la negativa in gutta-perca conviene anzitutto metallizzarla coprendolo — mediante pennello finissimo — d'un leggero velo di piombaggine in polvere; la negativa così preparata dev'essere fasciata con anello di rame o di piombo e quindi collocata nel bagno galvanoplastico sospendendola al polo negativo della pila.

Trattandosi d'una riproduzione in rame — e

similmente si procederebbe quando, in luogo d'operare sulla negativa, si desiderasse depositare, sull'oggetto, una pellicola di rame — si ricorre all'*apparato semplice* (fig. 217) che è paragonabile ad una grande pila alla Daniell (pag. 100). Il rame delle quale è surrogato dell'oggetto che si vuol galvanizzare. Quest'apparato si compone d'una cassa di legno o di metallo rivestita internamente di gutta-perca; la cassa contenente una soluzione satura di vitriolo azzurro, è attraversata longitudinalmente da un ponte — interamente immerso nel liquido — che sostiene una serie di vasi di terra porosa, simili a quelli delle pile alla Daniell; ciascun vaso contiene acido solforico diluito nell'acqua ed un cilindro di zinco,

I singoli cilindri di zinco sono congiunti metallicamente con una verga d'ottone A B comunicante col suolo. È chiaro che questa disposizione corrisponde realmente ad un grande elemento alla Daniell, però al svilupperà la corrente elettrica e si verificherà il fenomeno elettro-chimico già descritto a pag. 102; tanto il liquido contenuto nei vasi porosi (acido solforico diluito) quanto il liquido contenuto nella cassa (soluzione di vitriolo azzurro), si decomporranno; la decomposizione del vitriolo azzurro sprigionerà il rame che andrà lentamente deponendosi sull'oggetto congiunto alla verga CD che è il polo negativo della pila. Grado grado che il rame va deponendosi sull'oggetto, il liquido ne rimarrebbe sempre più impoverito, perciò il deposito dapprima rapido, diverrebbe di più in più lento e poi cesserebbe, e se la corrente cessasse d'agire, il rame già depositato abbandonerebbe l'oggetto per sciogliersi di bel nuovo in seno al liquido; è quindi necessario che quest'ultimo si mantenga costantemente saturo di vitriolo, perciò si collocano, entro al liquido contenuto nella cassa, alcuni sacchetti di tela sottile, ripieni di cristalli di vitriolo azzurro, ovvero si applicano — come vedesi in F ed in G — ai lati della cassa, delle scatole, colle pareti e col fondo foracchiate, contenenti cristalli di quella sostanza, i quali rimanendo immersi nel liquido, si sciolgono grado grado e restituiscono ad esso tutto il rame che va a poco a poco ad incrostarlo l'oggetto sospeso al polo negativo. — Nella fig. 217 il lato anteriore della cassa è squarciato per lasciar scorgere l'oggetto sospeso nel bagno.

Quando invece l'oggetto deve essere riprodotto in oro od argento ovvero — il che è più frequente — si vuol ricoprirlo d'una pellicola d'uno di questi due metalli, convien rinunciare all'apparato semplice poichè l'acido solforico contenuto nei vasi di terra porosa altererebbe i bagni di oro o di argento. In tal caso si impiega l'apparato composto (fig. 218), il quale è costituito da una pila collocata in un luogo qualunque, anche lontano dal laboratorio (disposizione raccomandata, poichè la pila sviluppa sempre vapori malsani e perciò è bene tenerla lontana dall'abitato, ovvero in una lettola chiusa sormontata da fumaiuolo molto alto). Da ciascun polo parte un filo di rame, l'altro estremo del quale è congiunto ad una verga metallica appoggiata sulle due sponde opposte d'una cassa, simile a quella del-

l'apparato semplice, contenente il bagno elettrochimico. L'oggetto che dev'essere galvanizzato è immerso nel bagno ed appeso metallicamente a quella delle due verghe metalliche summenzionate che è congiunta col polo negativo della pila; all'altra verga, comunicante quindi col polo positivo, è metallicamente congiunta una lastra — intieramente immersa nel bagno — di quel metallo che è sciolto nel liquido. Questa lastra che, come si è già detto, è l'anodo solubile, si scioglie lentamente sotto l'azione della corrente e mantiene il bagno nello stato di costante saturazione indispensabile per la buona riuscita del deposito galvanoplastico.



Fig. 218. APPARECCHIO COMPOSTO PER LA GALVANOPLASTICA.

Il bagno d'argento suggerito dal sig. Roseleur, autore d'applauditissimo trattato di galvanoplastica (1), si compone di:

Acqua distillata	1 litro
Cianuro di potassio	200 grammi
Nitrato d'argento fuso . . .	75 grammi

Pel bagno d'oro lo stesso autore suggerisce la formola seguente:

Acqua distillata	1 litro
Cianuro di potassio	150 grammi
Cloruro d'oro secco	50 grammi

L'oro aderisce perfettamente sull'argento e sul rame, ma non così sul ferro, sull'acciaio, sull'alluminio, perciò volendo dorare oggetti formati di queste sostanze, è mestieri, ricoprirli anzitutto — mediante la galvanoplastica — con una sottile pellicola di rame, sulla quale si opera quindi il deposito d'oro; questi aderisce al rame, il rame aderisce all'oggetto sottostante, perciò la doratura riesce buona e durevole.

Dalle sperienze fatte risulta che gli ordinari cucchiari da caffè riescono perfettamente dorati

(1) ROSELEUR, *Mécanismes hydroplastiques. Guide pratique du doreur, de l'argenture et du galvanoplaste*, 2.^e édition.

impiegando soli 8 decigrammi d'oro, e quindi ciascun cucchiaino richiede — per essere dorato — la piccolissima quantità d'oro che si può avere con 35 centesimi di lira. Le necessarie manipolazioni aumentano sensibilmente il costo della doratura, ad ogni modo le dorature ottenute colla galvanoplastica costano meno delle metà di quelle eseguite coi vecchi metodi, anche a pari quantità d'oro.

L'argenteratura di 5000 cucchiaini da caffè richiede solo 450 grammi d'argento.

Generalmente il deposito d'argento riesce poco vivace, solo in casi eccezionali e per un ignoto concorso di circostanze si otteneva una pellicola lucida; gli operatori cercarono di garantirsi ognora questo risultato e dopo una serie di tentativi riconobbero che per ottenere un'argenteratura splendente e vivace conveniva mescolare, al bagno d'argento, una piccola quantità di solfuro di carbonio (10 grammi di solfuro per ogni 10 litri di bagno argentifero). Si lascia tranquillo questa mescolanza per corso d'una giornata in capo alla quale si decanta il liquido separandolo da una polvere bruna depositatasi in fondo al vaso; il liquido così decantato produce, sotto l'azione della corrente, la desiderata argenteratura.

Talvolta l'operazione è condotta con poca diligenza e gli oggetti rimangono imperfettamente galvanizzati; in tal caso — per non perdere il metallo prezioso — si ritira dall'oggetto l'oro o l'argento che lo riveste. Se l'oggetto che riesce male argentato è di rame, lo si tuffa in un bagno composto d'una mescolanza d'acido nitrico ed acido solforico diluiti nell'acqua, e quindi lo si riscalda a 70° circa; l'argento si scioglie e poco a poco mentre il rame — fino a che l'argento non è interamente disciolto — rimane inalterato. Se dall'oggetto si dovesse levare una pellicola d'oro, converrebbe aggiungere — al bagno testè accennato — un po' di sal marino ed operare a freddo. — Se poi l'oggetto è di ferro o d'acciaio, si raccoglie il metallo nobile ricorrendo alla corrente elettrica, sospendendo l'oggetto in discorso al polo positivo della pila entro al bagno elettrolitico. Questo metodo non potrebbe essere impiegato per rame che si scioglierebbe troppo facilmente nel liquido cianurato.

È bene avvertire che le parti dell'oggetto che trovansi più vicine all'anodo solubile si coprono

d'una pellicola più grossa di quella che riveste le parti più discoste dall'anodo, perciò si dispongono i singoli oggetti in guisa che le parti più prossime all'anodo solubile sieno quelle che in seguito si troveranno più esposte ad essere logorate (come, ad esempio, le impugnature degli utensili) e che perciò devono ad ogni modo essere più grossa. Per impedire che il metallo sciolto nel bagno si depositi, durante l'operazione, sul fondo del recipiente è mestieri agitare il liquido a brevi intervalli. Nel corso dell'operazione il cianuro di potassio si impoverisce e perde l'energia necessaria a sciogliere l'anodo solubile d'oro o d'argento, a ciò si rimedia versando nel bagno, di quando in quando, del cianuro di calcio.

Talvolta in alcuni lavori d'oreficeria, si riuniscono più metalli onde ottenere armoniosi contrasti. Così, ad esempio, in una ghirlanda di fiori, gli steli e le foglie possono essere dorati coll'oro verde, con sfumature diverse più o meno cariche; i fiori possono essere argentati, e gli stami possono essere dorati con oro naturale. Con queste gradazioni riesce possibile imitare i colori naturali trasformando nel tempo stesso modesti lavori di ferro o di rame, in mirabili oggetti d'oreficeria dipinti e cesellati dall'azione lenta e silenziosa dell'elettricità.

L'oro verde è ottenuto mescolando il bagno d'oro, in proporzioni più o meno grandi, con un bagno d'argento; ne risulta una pellicola leggermente verdastria che è una lega d'oro e d'argento. Si dà alla doratura il color rosso mescolando il bagno d'oro con un bagno di rame, la tinta riesce tanto più carica, quanto più abbonda il rame. L'oro giallo è dato dal bagno ordinario.

Quando si vuole che il deposito si produca su tutta la superficie dell'oggetto, lo si immerge direttamente nel bagno. Quando invece si desidera che il deposito si accumuli soltanto in alcuni punti determinati, si coprono tutti gli altri — ossia tutti quelli che devono rimanere lisci — con una vernice di olio, resina copale e cromato di piombo. Questa vernice non lascia passare l'elettricità, e non si altera quando l'oggetto al quale fu parzialmente applicata è immerso nel bagno; il metallo rispetta le parti verniciate e si deposita sulle altre. Ad operazione compiuta si toglie la vernice immergendo l'oggetto nella irementina.

IV.

La galvanoplastica in sussidio all'archeologia, alla storia ed alla storia naturale. — La galvanoplastica e le opere illustrate. — Economica diffusione delle incisioni e delle riproduzioni dei capolavori dell'arte scultoria. — Sculture colossali fuse a freddo. — Solidità del rame depositato con la galvanoplastica. — Rivestimenti di rame sugli oggetti in ferro. — L'officina elettro-chimica del signor Oudry ad Auteuil.

Chiuderemo questi brevi cenni relativi alla galvanoplastica enumerando alcune delle più importanti sue applicazioni. Parecchie scienze ne ritraggono grandissimo profitto del che è facile persuadersene considerando, per esempio, che essa permette di riprodurre indefinitamente, a mite prezzo e con scrupolosa esattezza, iscrizioni, utensili, medaglie, monete, vasi e simili oggetti in servizio di chi studia la storia, poichè rispetto a molti di tali oggetti è cosa al tutto indifferente possedere l'oggetto medesimo o possederne una copia, purchè sia perfettamente fedele. Un archeologo può dunque per mezzo della galvanoplastica procacciarsi a buon mercato una suppellettile che in parte sarebbe impossibile da procacciare, e in parte riuscirebbe sommamente costosa. Similmente si può ottenere dalla galvanoplastica la riproduzione di animali rari, di pesci fossili, delle impronte lasciate in età remotissime da animali fossili sulle rocce; si possono scrupolosamente riprodurre i cristalli più singolari e moltissimi altri oggetti che vivamente interessano i cultori della storia naturale.

In modo indiretto ma non meno efficace la galvanoplastica giova pure all'avanzamento delle scienze poichè aiuta potentemente l'arte dell'incisione; ed invero, un intaglio in legno od in metallo può, grazie alla galvanoplastica, moltiplicarsi oltre ogni dire. La tavola originale, uscita dalle mani dell'artista, serve di *madre* per dieci, per venti, per cento tavole galvanoplastiche (1), ognuna delle quali può servire di

madre per quante altre si vogliono, e tutte queste tavole, perfettamente eguali alla prima, possono servire a stampare. È dunque evidente l'utilità che deriva da quest'industria alla diffusione delle opere d'arte, delle carte geografiche, delle stampe di fisica, di storia naturale e va discorrendo.

I capolavori dell'arte scultoria, riprodotti a mite prezzo e moltiplicati indefinitamente, possono sfidare le ingiurie del tempo e la malevolenza degli uomini. « La galvanoplastica, osserva giustamente il Figuier (1), può recare alla scultura servigi simili a quelli che la stampa rende, ormai da quattro secoli, alla diffusione del pensiero umano e che la fotografia presta, già da qualche anno, alle arti della pittura e del disegno. Come la fotografia moltiplica e rende accessibile anche alle più modeste fortune le più belle opere dei grandi pittori e disegnatori, così la galvanoplastica può diffondere ovunque le più pregiate sculture. Ma non basta, la galvanoplastica fa ancor più: aiuta e semplifica l'opera dello scultore. È noto infatti, che per avere una statua in bronzo od altro metallo lo scultore ne prepara il modello in argilla dal quale ritrae una copia in gesso, questa serve poscia a preparare la forma di terra entro alla quale si versa infine il bollente metallo. Tutte queste operazioni richiedono non poco lavoro e non sono esenti da ogni pericolo, per le esplosioni che possono avvenire durante la colata del metallo fuso. E quando il pericolo è felicemente superato, la fusione non è peranco completa, poichè son sempre necessari numerosi ritocchi ed assiduo lavoro. Notisi poi che le statue in bronzo ottenute colla fusione vengono a costare somme rilevantissime. La galvanoplastica rimedia a tutti questi inconvenienti; essa — come si è già detto — vi dà una riproduzione non solo più economica ma di gran lunga più fedele di quella che avreste con la fusione a caldo. — Trattandosi di bassorilievi o sculture assai grandi, il recipiente nel quale converrebbe immergerli dovrebbe presentare enorme capacità, in tal caso si può sopprimere il recipiente e far

(1) Non è necessario assegnare rilevante grossezza alla lastra di rame che riproduce l'incisione in legno, è sufficiente allo scopo una lastra grossa solo un decimo di millimetro: grossezza che si raggiunge lasciando la negativa per venticquattro ore nel bagno elettrochimico. Dopo di ciò si ritira la lastra di rame così ottenuta e si versa sopra essa una strata allo 1/100 millimetri di quella lega metallica, fusa, che serve a formare i caratteri di stampa, così la lastra che riproduce la voluta incisione presenta la necessaria resistenza per subire, senza deformarsi, la pressione del torchio litografico. Volendo ottenere quella lastra tutta in rame, converrebbe lasciare la negativa in gualta-perca per ben tre settimane nel bagno elettrochimico. — Quella lastra vuol essere quindi inchiodata sopra un pezzo di legno duro, grosso quanto occorre affinché, con l'aggiunta delle lastre, il tutto acquisti altezza identica a quella dei caratteri nei quali si vuol inserire l'incisione e così si può intercalarsi nella composizione, e tirarla contemporaneamente al testo.

(1) FIGUIER, Op. cit., Tom. II, pag. 306 e seg.

servire allo scopo le porzioni costituenti la copia negativa, in gutta-perca, dell'oggetto che si vuol riprodurre, avendo però cura di praticare in essa due o più fori diametralmente opposti — in posizioni che non danneggino il risultato finale, ad esempio, nei piedi e nella nuca — pei quali si versa entro alla capacità, che rimane racchiusa dalla gutta-perca, il solfato di rame; ora questa capacità, che rappresenta appunto la copia negativa della statua, fu previamente metallizzata colla piombaggine, perciò — mettendola in comunicazione col polo negativo d'un apparato composto (fig. 217) — la corrente depone sulla forma una pellicola di rame che riesce tanto più grossa quanto più tempo rimane attivo l'apparato. Affinché l'incrostazione di rame risulti uniforme su

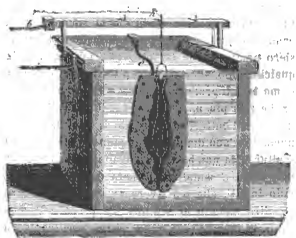


Fig. 219. RIPRODUZIONE D'UNA STATUA MEDIANTE LA GALVANOPLASTICA.

tutti i punti si colloca — entro alla capacità della copia negativa — un fascio di fili di metallo inattaccabile dal solfato di rame (come il platino od il piombo), congiunti al polo negativo della pila, questi fili riproducono grossolanamente la forma della copia negativa entro alla quale vogliono essere collocati, però non devono toccarla in alcun punto. La fig. 219, rappresenta — in sezione — un'ampia cassa contenente il bagno galvanoplastico nel quale è immersa la copia negativa in gutta-perca la cui cavità interna (rappresentante una statua con la testa volta all'ingiù) è metallizzata e congiunta, mercé il filo *h*, col polo negativo della pila.

« Si potrebbe prolungare l'operazione fino a che il rame avesse riempita tutta la capacità della copia negativa, si otterrebbe così una statua

tutta di rame, però in tal guisa si consumerebbe rilevantissima quantità di questo metallo e l'operazione richiederebbe lunghissimo tempo, perciò si preferisce limitarne la durata ed il dispendio; generalmente gli operatori si accontentano di assegnare tre a quattro millimetri di grossezza alla crosta di rame e poi riempiono l'interno della statua con una lega di stagno e zinco, ben più economica del rame. E siccome, durante questa colatura a caldo, la pellicola di rame potrebbe deformarsi così è prudente rivestire la statua cava di rame — ottenuta colla galvanoplastica — con una grossa camicia di argilla, gesso e bianco di Spagna misto a polvere di carbone, che deve seccare a lento fuoco. Si eseguisce la colata sol quando la camicia è perfettamente secca. Con questo sistema la casa Christofle di Parigi poté eseguire gruppi di statue aventi *cinq*uè metri d'altezza, a prezzi notevolmente inferiori a quelli richiesti dall'ordinaria fusione. Si può quindi presagire che, grazie alla galvanoplastica, le commissioni d'opere scultorie diverranno ognor più frequenti poichè i committenti non saranno più frenati — come per lo passato — dall'alto prezzo del bronzo, e dalle delicate e dispendiose operazioni della preparazione delle forme, della colatura, dei ritocchi, ecc.; l'opera dello scultore potrà essere limitata alla preparazione del modello in argilla dal quale si caverebbe dapprima una copia negativa in gutta-perca e quindi una o più copie in rame di tenue grossezza ciascuna delle quali verrebbe internamente consolidata con colatura di metallo meno costoso, come si è già detto.

« E qui convien notare che la crosta di rame così depositata sul modello, ha tutte le qualità del rame purissimo. Accurate sperienze istituite nel 1806 in presenza di delegati della *Società d'Incoraggiamento* di Parigi, dimostrarono che di due lastre di rame di identiche dimensioni, l'una ottenuta mercé la fusione di rame del commercio, l'altra formata dalla galvanoplastica, la prima poté reggere — senza deformarsi — alla pressione di 12 atmosfere, mentre la seconda non si deformò neppure sotto la pressione di 20 atmosfere. »

Da alcuni anni la galvanoplastica è pure utilmente impiegata quale preservativo dalla ruggine e dalla conseguente corrosione, nelle opere in ferro fuso ed in ferro battuto costantemente esposte — come le ringhiere, i cancelli, le fon-

tane, i candelabri per l'illuminazione — alle vicende atmosferiche. La vernice ad olio e biacca fino ad ora impiegata a quest'uopo non può dirsi un rimedio, ma un semplice palliativo, poichè sotto l'azione dell'aria e dell'umido, dei calori estivi e dei geli invernali essa si altera ben presto, screpola e si stacca in più punti dal metallo sottostante, il quale rimane quindi indifeso; perciò appunto la verniciatura vuol essere frequentemente rinnovata con grave incomodo e sensibile dispendio. Si può evitarlo e tuttavia preservare l'oggetto per lunghissimo periodo di tempo rinunciando alla vernice e ricorrendo invece alla galvanoplastica, depositando cioè — mediante la corrente elettrica — una grossa pellicola di rame sulla superficie dell'oggetto. È ben vero che il rame non possiede l'ammirabile passività dell'oro, dell'argento, del platino contro le influenze atmosferiche, tuttavia resiste anche per lunghissimo tempo come ne fanno fede le monete di rame puro, gli utensili domestici, le armi e le statue di questo metallo che ammiriamo nei musei e nelle collezioni archeologiche. Notisi poi che il rame è durissimo e tenacissimo e che esposto all'azione atmosferica assume una tinta oscura opportunissima per gli oggetti d'arte. È quindi manifesto che un rivestimento di rame

sugli oggetti in ferro si presta egregiamente allo scopo. — L'effettiva applicazione di questo rivestimento presentava dapprincipio una grave difficoltà: il ferro immerso nel bagno di vitriolo azzurro rimane in più punti attaccato e corrosivo. Dispendiose esperienze condotte con lodevole perseveranza dal signor Leopoldo Oudry — proprietario d'un grandioso stabilimento elettrochimico ad Auteuil, presso Parigi — valsero a superare le difficoltà che gli sbarravano la via e gli permisero di ottenere una grossa pellicola di rame anche sugli oggetti in ferro senza alterarne menomamente la superficie. Prima d'essere immerso nel bagno di vitriolo, l'oggetto è ricoperto d'una vernice di benzina, questa impedisce la corrosione del ferro sottostante e nel tempo stesso favorisce l'adesione della pellicola di rame. Quando la vernice è secca si applica sovr'essa, con un pennello, la piombaggine per metallizzare la superficie dell'oggetto e quindi lo si immerge nel bagno galvanoplastico; in capo a quattro giorni durante l'estate, in capo a sei durante l'inverno, la pellicola di rame raggiunge la grossezza d'un millimetro che è sufficiente allo scopo. Con questo metodo il signor Oudry rivestì di rame i candelabri e le fontane monumentali in ferro fuso che ornano la capitale della Francia.

GLI OROLOGI.

I.

Il movimento apparente della volta celeste e la misura del tempo. — I gnomoni e gli orologi solari. — La Clessidra. — L'orologio a sabbia e la misura della velocità d'una nave. — Primi orologi sui campanili di Milano. — Quello di Padova. — Galileo e la lampada del duomo di Pisa. — Il pendolo. — Causa dell'oscillazione. — Priorità di Galileo nell'applicazione del pendolo agli orologi. — L'invenzione di Huyghens. — Orologi portatili di minime dimensioni.

Il bisogno di apprezzare la durata del tempo trascorso fra due fatti successivi dev'essersi manifestato fin nella più remota antichità ed è verosimile che prima di pensare a costruire appositi strumenti gli antichi si valessero dell'osservazione del sole e delle stelle che — in virtù del moto diurno della Terra intorno al proprio asse — hanno un movimento apparente giornaliero da levante a ponente; sorgono cioè sull'orizzonte, percorrono — prima ascendendo e poscia discendendo — un tratto più o meno ampio della volta celeste; scompaiono sotto all'orizzonte per spuntare di bel nuovo all'indomani e compiere, apparentemente, infinite peregrinazioni

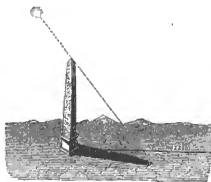


Fig. 220. GNOMONE.

intorno al nostro pianeta. L'attenta osservazione del posto occupato in due istanti diversi durante il giorno dall'astro

« Che mena dritto altrui per ogni calle »

o da qualche stella fra le più brillanti durante la notte, serviva a determinare alla bell'e meglio il tempo trascorso fra quelle due osservazioni.

Bastò un mediocre spirito d'osservazione per

costruire i primi *orologi solari*. Uno *stilo* o *gnomone* piantato verticalmente in terreno piano ed orizzontale (fig. 220) produce un'ombra tanto più corta, quanto più il sole è elevato sull'orizzonte, perciò nelle ore del mattino l'ombra dello stilo deve gradatamente accorciarsi, nelle ore successive al mezzodì il sole va continuamente abbassandosi verso l'orizzonte e perciò l'ombra dello stilo va continuamente allungandosi; l'istante in cui l'ombra è minima corrisponde al *mezzodì vero* del luogo in cui è piantato lo stilo;

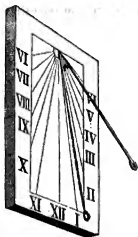


Fig. 221. QUADRANTE SOLARE.

dividendo in eguali intervalli lo spazio percorso dalla sommità dello stilo fra il levare ed il tramontare del sole si ebbe una prima ed imperfetta *misura del tempo*; questa misura era molto imperfetta poichè la durata del giorno varia continuamente (come è ben noto i giorni *crescono* dal solstizio d'inverno — intorno al 21 dicembre — fino al solstizio d'estate — intorno al 21 giugno — e quindi *scemano* fino al ritorno del sol-

stizio invernale) e quindi anche quegli intervalli riuscivano ben diversi nelle diverse stagioni.

Col progredire delle scienze ed in particolare dell'astronomia si poterono costruire *orologi* o *quadranti solari*, ben più perfetti, i quali indicano costantemente le stesse frazioni della giornata in tutti i giorni dell'anno. Senza entrare in particolari diremo soltanto che nei quadranti solari disegnati sopra parete verticale (fig. 221), lo *stilo* deve essere piantato obliquamente in modo da formare col piano dell'orizzonte un angolo eguale alla latitudine del luogo o, ciò che torna lo stesso, deve formare con la parete verticale un angolo eguale alla differenza fra questa latitudine e 90 gradi; quindi a Milano, la cui latitudine è di $45^{\circ} 28'$ lo *stilo* deve formare, con la parete verticale, un angolo di $44^{\circ} 32'$; a Palermo la cui latitudine è di $38^{\circ} 7'$ l'angolo dello *stilo* con la parete verticale dev'essere di $51^{\circ} 53'$.

Per quanto narra Plinio, il primo quadrante solare sarebbe stato collocato a Roma 306 anni avanti l'era volgare; narra il medesimo che nelle ricche famiglie greche e romane eravi uno schiavo specialmente incaricato di andare ad osservare e quindi riferire, di quando in quando, l'ora indicata dal quadrante solare stabilito sulle pubbliche piazze; l'ora ottenuta a questo modo poteva bastare agli usi ordinari della vite, ma non poteva certamente servire neppure alle più modeste ricerche scientifiche; aggiungi poi che tanto di notte, quanto nei giorni nuvolosi il quadrante solare non può fornire indicazione alcuna. Ciò stimolò gli uomini a rintracciare qualche mezzo per ottenere la misura del tempo in ogni luogo, anche a cielo nuvoloso ed in qualunque ora del giorno o della notte.

I più antichi strumenti costrutti per misurare il tempo furono le *clepsidre* od orologi ad acqua; è ignoto il nome e l'epoca in cui visse l'inventore, ma è certo che le prime clepsidre risalgono a parecchi secoli prima dell'era volgare.

Il principio su cui fondasi la costruzione di tali orologi è il seguente: quantità eguali di liquido fluiscano da un vaso in tempi eguali, finchè il livello dell'acqua in esso contenuta, rimane invariabile. Ecco dunque che si potrà sempre misurare il tempo, raccogliendo e quindi misurando il volume d'acqua sgorgato dal vaso. — Le clepsidre semplici di cui vi diamo il disegno (fig. 222), è una vasca che riceve l'acqua da una fonte o da un serbatoio collocato superiormente;

verso il fondo di questa vasca è praticato un piccolo foro dal quale fluisce l'acqua, che, misurata con recipienti di nota capacità, fornisce la misura del tempo; onde poi l'acqua si mantenga costantemente, alla stessa altezza, nella vasca, deve entrarvi una quantità d'acqua non minore di quella che ne esce, e l'acqua sovrabbondante deve avere libero sfogo per un canaletto aperto lateralmente verso l'orlo superiore. Per risparmiare la fatica e l'incomodo di misurare di volta in volta il volume d'acqua sgorgato, si pensò di trasmettere il movimento dell'acqua ad un indice destinato a muoversi circolarmente sopra un quadrante graduato; alla superficie dell'acqua contenuta nel serbatoio sottoposto alla vasca, nuota a tal scopo



FIG. 222. CLEPSIDRA SEMPLICE.

un galleggiante raccomandato ad un filo che si avvolge intorno all'asse dell'indice; un contrappeso che equilibra esattamente il peso del galleggiante è raccomandato all'altro capo del filo. Quando il liquido, di mano in mano salendo, fa ascendere il galleggiante, il contrappeso discende e l'indice è obbligato a percorrere sul quadrante graduato un tratto corrispondente. — Narra la storia che ingentocinquanti anni prima dell'era volgare, *Cleobio* d'Alessandria fece costruire una clepsidra perfezionata che a quei tempi veniva ammirata e lodata molto. Sembra che questo strumento abbia ricevuto pochi importanti perfezionamenti; poichè quando Pompeo entrò in Roma, 62 anni avanti l'era volgare, trionfante d'Antioche e di Mitridate, il più ammirato fra i molti trofei delle sue vittorie, fu una clepsidra perfezionata (fig. 223) ch'egli aveva tolta ad un re d'Asia.

Uno strumento pure d'uso antichissimo destinato alla misura del tempo è l'*orologio a sabbia* (fig. 224), che anco al presente è adoperato dalle buone massae per regolare alcune faccende domestiche e dai marinai per la misura della

velocità del bastimento (1). L'orologio a sabbia si compone di due bottiglie di vetro col collo molto stretto, saldate l'una sull'altra. Una di esse — per fissare le idee, supponiamo che sia la bottiglia inferiore — contiene sabbia finissima; capovolgendo lo strumento, la sabbia tende al basso e perciò discende e poco a poco nell'altro vaso, impiegando a tale scopo un tempo preventivamente determinato, che riesce tanto maggiore, quanto più il collo delle bottiglie è sottile e quanta maggior copia di sabbia esse contengono.



Fig. 173. CLESSIDRA PROFESSIONATA.

Queste invenzioni erano semplici, ben lontane ancora dal complicato meccanismo che usiamo oggi; eppure, lo credereste? prima che l'Europa

(1) L'osservazione è fatta col sussidio del *loch e borchetta* che è un galleggiante (formato d'un settore di legno provveduto inferiormente d'uno contrappeso di piombo che lo mantiene verticale quando è immerso nell'acqua) che si lascia in mare, dalla poppa, al di là del sotro lasciato dal bastimento; al *loch* è fissata una funicella l'altro estremo della quale rimane a bordo; su questa funicella sono dei nodi distanti l'uno dall'altro 15" (38 cent.) la 1200^a parte d'una lega di metallo (circa 1850 metri). Mentre la nave progredisce, il *loch* — gettato nell'acqua tranquilla — rimane assolutamente immobile perciò la funicella rimasta a bordo deve svolgersi gradualmente; un osservatore conta questi nodi scendendo dalla poppa della nave durante 30 secondi (rappresentano appunto la convenzionata parte d'un'ora); trascorso questo breve periodo di tempo si ritira a bordo il *loch* e ritenendo che la velocità del bastimento sia uniforme si dice che questa è di tanti nodi o miglia marine all'ora quanti sono i nodi della funicella svoltati durante quei 30 secondi.

invasa dai barbari ed immersa nella tenebre dell'ignoranza si familiarizzasse con queste invenzioni scorsero dei secoli parecchi.

Nel 807 la corte di Carlo Magno rimaneva estatica alla vista d'un'ingegnosa clessidra che il califfo Arun-al-Rasid aveva inviata in dono all'imperatore; essa era costruita con ruote di ottone a conteneva parecchi curiosi meccanismi; il segno delle ore veniva dato da dodici pallottole d'ottone le quali cadendo a volta a volta nello spazio preciso di ciascuna ora, facevano risuonare un cembalo ad esse sottoposto, mentre dodici statua di cavalieri, uscendo da altrettante porticine se socchiudevano dietro il loro passaggio (1).

In appresso si costruirono anche in Europa delle clessidre monumentali che segnavano non solo le ore, ma ben anco il giorno del mese e



Fig. 174. CROCIODIO A SABBIA.

della settimana e le fasi lunari; tuttavia questi prodigi della meccanica d'allora erano costosissimi e quindi rarissimi. I monaci del medio evo nella maggior parte dei conventi non avevano altra norma per recitare la loro preghiera notturna che l'osservazione delle stelle; molte volte l'ora della preghiera mattutina era data dal canto del gallo.

In sullo scorcio del decimo secolo la forza motrice idraulica fu surrogata da quella d'un peso proporzionato alla macchina e fu applicato al meccanismo lo scappamento a *paletta* ed a *ruota d'incontro*; questa duplice innovazione diede grande sviluppo alla costruzione degli orologi; Danta da Paris (2) come di cosa ben nota a' suoi tempi.

(1) Vedi *Armonia, Chronica*, apud. *Bibl. veterum Patrum*; Lugdun., 1677, vol. XVI, pag. 807.

(2) E come orologi in sempre d'orologi

Si gira sì, che il primo, a chi poi meno,
Quello pare, o l'ultimo che voli.

Parodi G. XXIV, versi 13-15.

Il primo orologio da torre menzionato dalla storia venne collocato nel 1309 sul campanile di S. Eustorgio qui in Milano come narra Galvano Fiamma nella sua *Cronaca* manoscritta, convien però aggiungere che il Fiamma non rileva punto la novità del citato orologio e perciò lascia argomento a credere che neppur questo sia stato proprio il primo. — L'orologio collocato nel campanile di S. Eustorgio non suonava le ore, mentre per tale proprietà venne altamente lodato quello fatto porre da Azzo Visconti sulla torre della chiesa di S. Gottardo come rilevasi dallo stesso cronista sotto l'anno 1335.

Nel 1344 Ubertino da Carrara signore di Padova fece costruire dall'abile artefice Jacopo Dondi un orologio che fu collocato sulla torre del pubblico palazzo in quella città, orologio che a torto fu da più d'uno confuso con quello che fu più tardi eretto sulla piazza dei Signori (ora dell'*Unità d'Italia*), il quale fu condotto a termine volgendo il 1437 ed oltre alle ore segna il giorno del mese, le fasi della luna, il segno del zodiaco in cui trovavasi il sole ed altre indicazioni astronomiche.

Le città italiane andarono a gara nell'ornarsi con orologi complicati ad indicazioni molteplici; sono degni di ricordanza quelli eretti nel duomo di Modena volgendo l'anno 1343, a Monza nel 1347, sulla torre del Capitano in Bologna nel 1356, su quella del marchese a Ferrara nel 1362.

Questi ingegnosi apparati non presentavano però precisione sufficiente; si sentiva il bisogno di un mezzo atto a regolarne il movimento. — Anche questa non piccola gloria era riserbata al nostro grande Galileo. Giovane ancora, nel 1582 e quindi all'età di diciott'anni, ei trovavasi nel duomo di Pisa; un sagrestano (come già si disse nel vol. I, pag. 78) aveva mosso allora allora una lampada (vedi vol. I, fig. 74) sospesa ad una lunga fune. Questo fatto tanto comune e tanto volgare in apparenza, bastò a fargli concepire una brillantissima idea; ei si accorse che quella lampada per mettersi in quiete dopo l'urto ricevuto, si muoveva in un breve arco di cerchio percorrendo spazi di mano in mano più piccoli, e con moto di mano in mano più lento, per modo che gli archi diversi erano percorsi tutti in tempi eguali; della qual cosa ei si convinse, paragonando la durata d'una oscillazione della lampada col battere del polso. Traendo profitto da questa osservazione Galileo costruì dei *pendoli*

di varia lunghezza e ne studiò attentamente le oscillazioni.

Un *pendolo* (fig. 225) si costruisce ben facilmente, bastando raccomandare un corpo pesante all'estremità d'un filo o d'una verghetta e sospendere l'altra estremità ad un punto fisso. Allora, in virtù del proprio peso, il pendolo piglia la posizione verticale; spostandolo, lo si vede muoversi lungo un arco di cerchio ed il suo movimento farsi successivamente più lento. Per qual motivo ei si muove? qual causa lo obbliga poi ad arrestarsi? — Si muove, perchè è attratto verso la Terra, come tutti i corpi che diciamo pesanti; ed essendo trattenuto dalla verghetta non può cadere, ma soltanto giungere al punto più basso possibile pur rimanendo vincolato alla verghetta.

In virtù poi della *legge d'inerzia*, un corpo in movimento non può arrestarsi da sé: e per tal motivo il pendolo continua a muoversi e sale descrivendo un altro arco di cerchio. Egualmente l'animale che corre, non può fermarsi improvvisamente, ma per la legge d'inerzia è obbligato a fare alcuni passi prima di arrestarsi. — Ma torniamo al pendolo. Questo sale, discende e risale: sale, per effetto della velocità acquistata nella discesa, fino al punto in cui, in virtù del proprio peso — ossia dell'attrazione terrestre — è obbligato a discendere di bel nuovo, per poi risalire dall'altra parte in grazia della velocità riacquistata durante la discesa. Questa specie di movimento è detta *oscillazione*; e l'oscillazione continua finchè il pendolo non incontra un ostacolo che lo arresti. Ed infatti ei si arresta: perchè l'aria — quel corpo leggerissimo, elastico e talmente trasparente che sembra quasi non esistere — è pure un corpo che oppone un ostacolo: ostacolo consimile, benchè assai minore, a quello che incontra una barca muovendosi in acqua tranquilla. Ad ogni salita e ad ogni discesa, il pendolo scaccia l'aria dinanzi a sé per occuparne successivamente il posto; l'urto continuo del pendolo con l'aria circostante spegne a poco a poco la velocità di cui esso è animato; a ciò concorre pure la resistenza od *attrito*, che succede nel punto di sospensione, fra il filo o la verghetta del pendolo ed il punto fisso. Per queste due ragioni le oscillazioni del pendolo (e ciò si può dire di un corpo qualunque che fate oscil-



Fig. 225.
PENDOLO.

lare) si rallentano gradatamente, finchè cessano del tutto; volendo imprimerli di bel nuovo il movimento, occorre dargli un nuovo urto.

Tali considerazioni occuparono lungamente l'attenzione di Galileo che sulle prime pensò soltanto ad applicare il pendolo alla medicina, alla quale ei dedicossi in gioventù. Costruì un pendolo di lunghezza variabile onde averne oscillazioni di maggiore o minore durata (1), per accordarle con quelle del polso ed aver quindi una esatta misura della durata delle pulsazioni.

Molti anni dopo ei pensò nuovamente alle possibili applicazioni del pendolo e meditando sull'influenza che la regolarità delle sue oscillazioni avrebbe dovuto esercitare sull'uniformità del movimento degli orologi trovò una splendida soluzione di quest'importante problema, il che è chiaramente dimostrato da una lettera scritta il 20 agosto 1659 dal suo amato discepolo Vincenzo Viviani al principe Leopoldo de' Medici, riferita dall'illustre Giambattista Venturi (2), della quale ci crediamo in debito di riferire i due brani più importanti per combattere la comune credenza che il merito della prima applicazione del pendolo agli orologi spetti all'illustre scienziato olandese Cristiano Huyghens, da noi già menzionato altrove (3).

« Sovienmi — scriveva il Viviani — che gli (a Galileo) cadde in pensiero, che si sarebbe potuto adattare il pendolo agli orologi da contrappeso e da molla, con valersene invece del solito tempo, sperando che il moto equilibrato e naturale di esso pendolo avesse a correggere tutti i difetti dell'arte in essi orologi. Ma perchè l'esser privo di vista gli toglieva il poter far disegni e modelli a fine d'incontrare quell'artificio che più proporzionato fosse all'effetto concepito, venendo un giorno di Firenze in Arcetri il signor Vincenzio suo figliuolo, gli conferì il Galileo il suo pensiero, e di poi più volte vi fecero sopra vari discorsi, e finalmente stabilirono il modo che dimostra il qui aggiunto disegno, e di metterlo intanto in opera, per venire in cognizione del fatto di quelle difficoltà, che il più delle volte nelle macchine colla semplice speculativa non si possono prevedere. »

« Conveni credere — osserva il prof. Veladini (4) — che il disegno qui menzionato sia andato perduto, perciocchè il Venturi soggiunse in una nota aver egli stimato meglio omettere

la figura dell'orologio, che recarne una non corrispondente alla descrizione del Viviani.

« La qual descrizione mi sembra tanto perspicua e di tanta importanza per l'attuale questione — la priorità di Galileo nell'applicazione del pendolo come regolatore degli orologi — ch'io non so dispensarmi dal riferirla colle precise parole del Viviani medesimo. Egli avverte che il signor Vincenzio Galilei, morto il padre nel 1642, non prima di aprile del 1649 intraprese la fabbrica dell'orologio, e procurò, egli soggiunge:

« di avere un giovine che vive ancora (nell'anno 1659) chiamato Domenico Balestri, magnano in quel tempo al Pozzo del Ponte Vecchio, il quale aveva qualche pratica nel lavorare grandi orologi da muro, e da esso fecesi fabbricare il telaio di ferro, le ruote con i loro fusti e rocchetti, senza intagliarle, ed il restante lavorò di propria mano, facendo nella ruota più alta, detta delle tacche, numero 12 denti con altrettanti pironi scompattiti in mezzo fra dente e dente, e col rocchetto nel fusto di numero 6; e l'altra ruota che muove la sopra-detta di numero 93. Formò poi da una parte del braccio, che fa la croce al telaio, la chiave o scatto, che posa sulla detta ruota superiore, e dall'altra imperniò il pendolo, che era formato di un filo di ferro, nel quale stava infilata una palla di piombo, che vi poteva scorrere a vite, a fine di allungarlo o scorciorlo secondo il bisogno di aggiustarlo col contrappeso. Ciò fatto, volle il signor Vincenzio (come quegli ch'era consapevole di questa invenzione, e che l'avevo stimolato ad effettuarla) vedersi così per prova e più d'una volta la congiunta operazione del contrappeso e del pendolo; il quale stando fermo tratteneva il discender di quello, ma sollevato in fuori e lasciato poi in libertà, nel passare oltre il perpendicolo, con la più lunga delle due code annesse all'imperatura del dondolo, alzava la chiave che posa ed incastra nella ruota delle tacche, la quale tirata dal contrappeso, voltandosi colle parti superiori verso il dondolo, con uno de' suoi pironi calcava per di sopra l'altra codetta più corta, e le dava nel principio del suo ritorno un impulso tale, che serviva d'una certa accompagnatura al pendolo, che lo faceva sollevare fino all'altezza dond'era partito; il qual ricadendo naturalmente e trapassando il perpendicolo, tornava a sollevare la chiave, e subito la ruota delle tacche in vigor del contrappeso ripigliava il suo moto seguendo a volgersi e spingere col pironi susseguente il detto pendolo. »

« Quand'ebbi lette con attenzione — prosegue il prof. Veladini — queste parole, non poteva concepire come non avessero bastato le medesime a toglier di mezzo ogni incertezza circa al primo inventore dell'orologio a pendolo, e mi rincresceva d'aver fino a quel punto defraudato nella mia mente il sommo Galileo d'un merito, del quale egli ricco di tante scoperte potè essere spogliato senza che venisse meno la co-

(1) Vedi la nota a pag. 199.

(2) Venturi G. B. *Raccolta di Memorie e Lettere inedite di Galileo Galilei*. Parte seconda, pag. 295.

(3) Vol. I, pag. 236, Vol. II, pag. 48.

(4) Vedi il *Giornale del R. Istituto Lombardo di scienze lettere ed arti*. Tom. VI, fasc. 33.ª (eduzza del 6 luglio 1854).

mune ammirazione per lui, ma che d'altra parte bastava da solo a raccomandare un nome alla posterità.

« Gli è vero che la lettera del Viviani porta la data del 1650, e quindi è posteriore alla pubblicazione fatta dall'Huyghens. Ma oltretutto non v'ha alcuno il quale ardirebbe muovere dubbio sulla buona fede del Viviani e del suo racconto pur convalidato dalle testimonianze che invoca, parmi che la priorità a favore del Galilei risulti in ispecie modo dalla originalità dell'invenzione, nella quale nulla è tolto a prestanza da ciò che fin allora si conosceva.

« Non altri che il filosofo Toscano poteva a quei tempi risolvere il problema in un modo sì luminoso, e ciò che maggiormente eccita a maraviglia si è che quella vecchia soluzione può dirsi nuova anche dopo due secoli dacché fu ideata, perlopiù, per quanto io mi sappia, non venne giammai pubblicato un concetto simile al qui descritto (1).

« Se l'Huyghens avesse avuta notizia di tale invenzione, e non si fosse cercato di toglierle il merito di sua scoperta (2) col porgerli innanzi meccanismi che tutti in fondo coincidevano col suo, egli forse, prima di Bernoulli, avrebbe esclamato *ad ungue leonem*, e si sarebbe persuaso che l'applicazione del pendolo agli orologi, prima ch'egli la facesse, era stata immaginata dal Galilei. »

« Huyghens nel suo orologio — nota il prof. Veladini nello scritto già menzionato — conservando lo scappamento a serpe, non aveva fatto che sostituire il pendolo al solito bilanciere; quindi il pendolo si trovava continuamente sottoposto all'azione dell'ultima molla; quindi le oscillazioni del pendolo dovevano essere di necessità molto ampie; e quindi il corpo ond'era terminato il pendolo non poteva essere che poco pesante. Tutte queste circostanze rendevano il moto dell'orologio irregolare, né a ridurlo uniforme poteva in pratica valere l'ingegnosa introduzione della cicloidale suggerita da Huyghens.

(1) Il lettore che amasse rendersi esatto conto dell'ingegnosa soluzione proposta da Galilei, potrà ultime volte consultare il citato scritto del prof. Veladini nel quale è diligentemente tracciato il disegno — ommesso dal Venturi — corrispondente alla descrizione data dal Viviani o sovvi pure indicate alcune opportune modificazioni che varrebbero a rendere l'adempimento dell'orologio sempre più regolare.

(2) Huyghens concepì l'applicazione del pendolo come regolatore degli orologi, sul cadere del 1654 o nell'estate dell'anno successivo ci presentò agli Stati generali d'Olinda un orologio regolato da un pendolo grazie al quale egli lusingavasi di ottenere la massima uniformità del movimento. Alcuni anni dopo ci pubblicò la descrizione del suo trovato o la teoria del movimento del pendolo nel celebre suo trattato *Horologium oscillatorium* (Parisi, 1673).

« Nel meccanismo del Galilei il moto del pendolo è invece quasi affatto libero; le oscillazioni possono essere ridotte a piccola ampiezza, e perciò più vicine all'isocronismo; l'impulso è dato da una forza che a quei tempi si sarebbe detta costante; e la lentezza del pendolo può esser quanto si vuole pesante. Ma v'ha di più; nello scappamento immaginato dal Galilei, trovansi i rudimenti dell'ancora di Graham comparsa nell'orologeria quasi un secolo più tardi, e dopo che il Clement ne presentò, sarei per dire, l'abbozzo.

« Se non che tanto nell'orologio dell'Huyghens quanto in quello del Galilei v'ha il difetto del rimbalzo (*ricchi*) dell'ultima ruota, e forse tal rimbalzo fu il motivo per quale il figlio del Galilei distrusse, all'16 di maggio del 1649, come ne racconta il medesimo Viviani, l'opera delle sue mani. Per altro nello scappamento adottato dall'Huyghens il rimbalzo è una necessità; in quello ideato dal Galilei non solo può essere ridotto a tenuissima misura, ma è pur possibile con poche modificazioni di levarlo. »

« Gli orologi (1) portatili o da tavolino erano al certo già conosciuti a mezzo il secolo XIV comechè tuttavia rari ancora e molto costosi. Dove e da chi si inventassero, non consta; ma è voce che uno costruito in Germania, grosso appena quanto un nocciuolo, fosse nel 1380 donato al re Carlo V di Francia. — In Italia nel secolo XV, avevanvi degli orologi da tavolo i quali e battevano le ore e segnavano il corso del pianeti. Ce ne avvisa Gaspare Visconti in un sonetto, ove un amante si paragona ad un orologio, e nel cui titolo si aggiunge: « si fanno certi orologi piccoli e portativi, che con poco d'artificio sempre lavorano, mostrando le ore e molti corsi de' pianeti, et le feste, sonando quando il tempo lo ricerca. »

« Ma l'uso di cosiffatti orologi andò poi facendosi generale nel corso del secolo XVI; in cui gli stessi trovansi ben di frequente appellati col nome di *ova di Norimberga*, sia per la forma, e sia pel luogo dove soleano più comunemente essere fabbricati. Non pertanto sapeano rimpicciolirsi con arte squisita, per modo che il vicentino Giovanni Giorgio Capobianco poté ridurne uno entro l'anello del Gran Turco, ed altro in somigliante ornamento, di cui fe' dono a Guidobaldo duca d'Urbino. Quest'ultimo orologio recava per giunta intagliati nella *mostra* i dodici segni dello zodiaco, ed una figura che indicava il corso delle ore. »

Con successivi miglioramenti, l'arte della costruzione degli orologi giunse a grande perfe-

(1) BELGRANO L. T., *Degli antichi orologi pubblici d'Italia*, nell'Archivio storico italiano, Tomo VII, parte I.° Firenze 1808, p. 56. o seg.

zione. I moderni *cronometri* (che in greco vale: misuratori del tempo) lasciano ben poco a desiderare, non solo nelle continue applicazioni che ne facciamo quotidianamente negli usi civili, ma benanco nelle più delicate osservazioni scienti-

fiche per le quali questi preziosi strumenti sono d'immensa utilità.

Premesse queste notizie intorno all'origine degli orologi, daremo ora una breve descrizione di questi importantissimi congegni.

II.

Descrizione degli orologi a pendolo: Come si carica l'orologio. — Le ruote dentate ed i rocchetti; il ritegno o scappamento ad ancora. — Trasformazione d'un moto accelerato in moto uniforme. — Gli indici, d'un orologio non si muovono con moto continuo ma a brevissimi intervalli. — Meccanismo che regola la suoneria ogni ora od anche ogni mezz'ora. — Influenza della temperatura nella regolarità del movimento. — Pendoli compensatori, a graticola ed a mercurio. — Pendoli con lente mobile.

Gli orologi, come tutti sanno, possono essere di varie specie: da torre, da muro, da tavolo e da tasca.

Tanto gli orologi da torre (figura 226), — quelli cioè che fanno bella mostra di sé nei campanili od in altri pubblici edifizi, — quanto gli orologi murali son messi in movimento dalla discesa di un peso. Il meccanismo di questi orologi è rappresentato dalle figure 227 e 228. La prima mostra il meccanismo di fianco, la seconda ne presenta il prospetto; le lettere comuni ad entrambe le figure indicano uno stesso organo dell'orologio. Il peso A è attaccato all'estremità di una

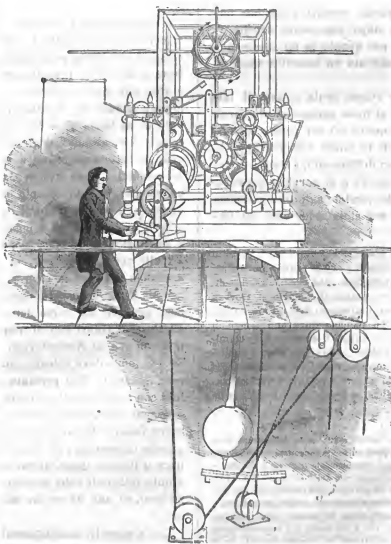


Fig. 226. MECCANISMO D'UN OROLOGIO DA TORRE.

fune avvolta a più riprese sul cilindro B girevole intorno ad asse orizzontale la cui estremità sinistra (fig. 227), di forma quadrangolare, è destinata a ricevere la *chiave*, colla quale si carica l'orologio, si obbliga cioè il cilindro a muoversi in direzione opposta a quella che poi gli imprimerà la discesa del peso e il peso vien così sollevato fino al punto più alto della sua corsa. È chiaro che il peso A tenderà a discendere continuamente e perciò la fune andrà gradatamente svolgendosi dal cilindro e questi sarà obbligato a girare sul proprio asse. Ora si tratta di utilizzare la discesa del peso A e la conseguente

rotazione del cilindro B per mettere in movimento gl'indici dell'orologio; si raggiunge lo scopo mercè un ingegnoso sistema di *ruote dentate* ossia ruote, il contorno delle quali è tutto formato a sporgenze, o *denti*, e rientranze. La prima ruota dentata, segnata con C, è impernata sull'asse del cilindro B ed è così costruita (figura 228) che segue il movimento rotatorio del cilindro determinato dalla discesa del peso,

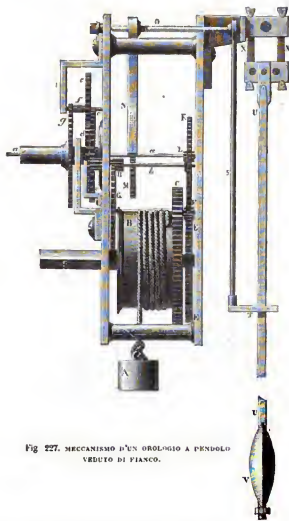


Fig. 227. MECCANISMO D'UN OROLOGIO A PENDOLO VEDUTO DI FIANCO.

mentre invece rimane immobile quando si carica l'orologio. I denti della ruota C penetrano — o, come dicesi in meccanica, *ingranano* — negli incavi esistenti nel contorno d'un'altra ruota di minor diametro, detta anche *roccchetto*, indicata con D (fig. 228). Sull'asse di questo roccchetto è impernata una seconda ruota dentata E che ingrana nei denti del secondo roccchetto F; questi ha l'asse comune con una terza ruota dentata G la quale ingrana col terzo roccchetto H e questi

è analogamente impernato sopra un asse che porta una ruota dentata K, la quale finalmente ingrana i suoi denti con quelli del roccchetto L sull'asse del quale è fissata la ruota dentata M, e questa, come vedremo fra breve, mette in movimento gl'indici dell'orologio. Con la disposizione di cose fin qui accennata il peso A, come qualsiasi altro grave cadente, scenderebbe ben presto con velocità ognor crescente; e quindi imprimerebbe un moto sempre più rapido alle varie ruote dentate e quindi anche agli indici dell'orologio; noi invece vogliamo che questi si muovano di

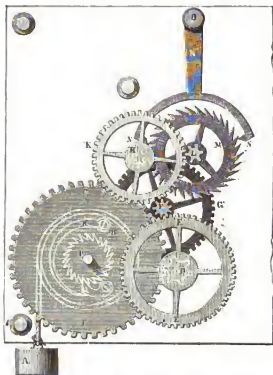


Fig. 228. MECCANISMO D'UN OROLOGIO A PENDOLO VEDUTO IN PROSPETTO.

moto uniforme, vogliamo cioè che gl'indici *percorrano spazi eguali in tempi eguali*, che ad esempio l'indice dei minuti faccia un giro completo in un'ora, che quello delle ore faccia lo stesso giro in un periodo di tempo dodici volte maggiore. Ecco dunque presentarsi la necessità d'un congegno che valga a trasformare la discesa uniformemente accelerata del peso A, in movimento uniforme degli indici dell'orologio; si può raggiungere l'intento interrompendo, a brevissimi intervalli di tempo, eguali fra loro, la discesa del peso motore. Il *pendolo* di cui abbiamo già tenuta parola serve opportunamente a tale ufficio, ed ecco in qual modo: l'ultima ruota dentata M

è abbracciata lateralmente da un pezzo N N foggato in modo analogo alle ancore delle navi e che perciò appunto dicesi *ritegno* o *scappamento ad ancora*; quest'ancora pende da un asse orizzontale O dalla cui estremità destra (fig. 227), si stacca una verghetta S che termina con un breve braccio orizzontale T. Entro a questo braccio T è praticato un foro per dar passaggio alla verga U U del pendolo, sospesa all'orologio mercè due sottili molle d'acciaio X X; è bene avvertire che il contatto fra la verga del pendolo ed il meccanismo dell'orologio avviene unicamente nel punto T; la verga U U si prolunga inferiormente ben più di quanto è indicato dalla figura o termina con la *tenete* V. Quando il pendolo è immobile, entrambi i denti N N dell'ancora incontrano, l'uno a destra l'altro a sinistra, i denti della ruota M e le impediscono di muoversi; poniamo ora che il pendolo sia in movimento, allora, grazie alla struttura dei due denti dell'ancora e di quelli della ruota M, vi sarà, ad ogni oscillazione, una posizione obliqua del pendolo durante la quale uno dei denti della ruota M — che, non dimentichiamolo, tende a girare per effetto della lenta ma continua discesa del peso A — potrà sfuggire il contatto dell'ancora, subito dopo il pendolo assume, per un brevissimo istante, la posizione verticale, allora i denti dell'ancora impediscono l'ulteriore movimento della ruota M; ma il pendolo non si arresta; grazie alla velocità acquistata ei continua a muoversi, compie una nuova oscillazione e un altro dente della ruota M passa, direi quasi inosservato, attraverso ai denti dell'ancora N N. Ecco dunque che la combinazione di quest'ancora con l'oscillazione del pendolo interrompe ad ogni istante il movimento della ruota M e di tutte le ruote intermedie e quindi interrompe anche la discesa del peso A che è la causa di tutto il movimento; perciò la discesa del peso non succede in modo continuo ed accelerato, ma si effettua ad intervalli brevissimi in ciascuno dei quali il moto riesce sensibilmente uniforme. Ed infatti osservando attentamente il movimento degli indici d'un orologio potrete convincervi che essi non scorrono sul *quadrante* con moto continuo, ma invece ad impulsi frequentissimi e regolari.

Ottenuto quell'uniforme movimento nella ruota M, riesce agevole comunicarlo agli indici dell'orologio, giovandosi a tale intento d'un sistema di ruote dentate e rocchetti (rappresentate in c, d,

c, f, g sulla sinistra della figura 227), che descriveremo fra breve parlando degli orologi tascabili.

La fig. 229 rappresenta la *suoneria* d'un orologio a pendolo, la quale costituisce un meccanismo separato, messo — come il meccanismo principale — da apposto peso. Quest'ultimo è attaccato ad una funicella A avvolta a più riprese intorno al cilindro B sull'asse del quale è fissata una ruota dentata C costrutta — similmente alla ruota C (fig. 228) del meccanismo principale — in guisa che la discesa del peso la obbliga bensì a ruotare da destra, superiormente a sinistra, mentre il moto che convien imprimere di tempo in tempo per caricare l'appar-

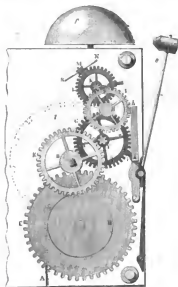


Fig. 229. SUONERIA D'UN OROLOGIO A PENDOLO.

ato all'asse del cilindro B, — da sinistra, superiormente a destra — non si trasmette alla ruota C, la quale, nel frattempo, rimane immobile. La ruota C ingrana co' suoi denti nel rocchetto D, l'asse del quale è provveduto d'una ruota dentata E e d'un disco I di cui parleremo in appresso. Il lento movimento che la discesa del peso imprime alla ruota C, al rocchetto D ed alla ruota E comunica — mercè i rocchetti F, H, K, M e le ruote dentate G, I, L — rapidissimo movimento rotatorio all'ultimo rocchetto M sull'asse del quale è fissato un regolatore composto d'una verghetta N N alla cui estremità sono applicate due alette — come nei girarusti meccanici; — queste — per la resistenza che incontrano nell'aria, resistenza che è tanto maggiore quanto più rapido è il loro moto — trasformano in moto sensibilmente uniforme il moto accelerato del peso discendente.

Dal piano della ruota G sporgono parecchi piccoli equidistanti $a, a, \dots$, questi — quando la ruota G è in movimento — vanno successivamente ad urtare, dal basso all'alto, l'estremità δ d'una leva angolare δC , girevole intorno al perno C, in tal caso il braccio δC è obbligato a muoversi per breve tratto verso destra ed altrettanto avviene dell'altro braccio C formato d'una verghetta elastica d'acciaio, sulla sommità della quale è fissato un piccolo martello e . Quando l'apparato è in riposo, il martello rimane un pochino discosto dalla contigua campana f , quando invece l'apparato è in movimento ed uno dei pini a urta e solleva la leva δC , il martello — per un istante — si allontana ancor più dalla campana f , ma non appena il pino, che si muove assieme alla ruota G, è passato al di là della leva δC , questa — spinta da una molla opportunamente collocata — ritorna ad occupare la posizione primitiva, allora anche l'altro braccio C ritorna verso sinistra ma non si arresta tosto nella posizione primitiva; poiché per l'elasticità della materia con cui è formato, per l'impulso ricevuto, per il peso — relativamente grande — del martello e per la l di lui distanza dal perno C, il braccio C si inclina leggermente verso sinistra ed il martello picchia un colpo sulla campana f . Subito dopo la verghetta C si ridirizza ed il martello ritorna nella posizione primitiva — e rimane a breve distanza dalla campana f — fino che la leva δC non è nuovamente sollevata da uno dei pini a .

Ciò posto è chiaro che se non vi fosse qualche altro congegno atto ad interrompere, nell'istante opportuno, la discesa del peso motore, quest'ultimo manterrebbe l'apparato in continuo movimento e si avrebbe bensì una continua successione di colpi, ma l'intento di segnare le ore acusticamente non sarebbe raggiunto. A tal fine la ruota l è provvista d'un pino i il quale — ad ogni giro della ruota l — incontra necessariamente la sporgenza A d'una leva gA mobile intorno al perno g , una molla convenientemente collocata preme leggermente il fianco destro di questa leva e la obbliga ad inclinarsi verso sinistra; l'incontro del pino i con la sporgenza A basta ad arrestare il movimento di tutte le ruote della suoneria e quindi interrompe la discesa del peso. Una terza leva — invisibile nella figura — è riunita alla leva gA avendo comune con quest'ultima l'asse g ; l'estremità libera di questa terza leva può essere sollevata da un pino l collocato in modo (e nel contorno della ruota che comanda l'indice delle ore) da produrre il sollevamento della leva proprio nell'istante in cui la suoneria deve agire ossia al terminarsi d'ogni ora o d'ogni mezz'ora. Il sollevamento dell'estremità libera di questa leva determina un lieve movimento rotatorio dell'asse g e quindi anche della leva gA , allora l'estremità δ di quest'ultima abbandona il pino i della ruota l e non essendovi più alcun ostacolo alla discesa del peso motore, questo incomincia a discendere e mette in movimento tutte le ruote dell'apparato; gira necessariamente anche la ruota G e perciò i pini $a, a, \dots$ piantati al di lei contorno sollevano l'un dopo l'altro l'estremità δ della leva δC e così obbligano il martello e a colpire tante volte la campana f quanti sono i pini che successivamente sollevano la leva δC . Resta ora a dire come si regolino le successioni dei colpi in modo da ottenere

un colpo solo dopo la prima ora, due dopo la seconda, tre dopo la terza e così via. L'intento è raggiunto mercé il disco l fissato sullo stesso asse della ruota E ; sul contorno di questo disco sono praticate dodici incavature distribuite a distanze ognor maggiori; la distanza che corre fra la seconda e la terza incavatura è doppia di quella che passa fra la prima e la seconda, quella che corre fra la terza e la quarta è tripla di quella che separa la prima dalla seconda e così via. Or bene, sulla leva d'arresto gA è fissato un cuneo k il quale, quando l'apparato è in riposo, penetra in una di quelle dodici incavature; quando però la leva gA è obbligata — come abbiamo già veduto — ad inclinarsi leggermente a destra, il cuneo k esce dall'incavatura e siccome nel tempo stesso anche la sporgenza A svincola la ruota l così tutte le ruote obbediscono all'azione del peso o si mettono in movimento; il movimento si comunica anche al disco l e continua finché il cuneo k non incontra la successiva incavatura praticata nel disco l , allora il cuneo — che, come si è già detto, fa parte della leva gA , in cui l'occhio destra è premuto da una molla — penetra nell'incavatura e così arresta di botto il movimento di tutte le ruote e quindi anche la discesa del peso motore; la suoneria rimane in riposo finché l'urto determinato dal pino l fissato sulla ruota che comanda l'indice delle ore, non produce un nuovo movimento dell'asse g e quindi una deviazione a destra della leva gA , allora il cuneo k esce dall'incavatura, l'appendice A svincola la ruota l e la suoneria funziona finché il cuneo k continua a scivolare sul contorno liscio del disco l , ma non appena il cuneo incontra una nuova incavatura, ci penetra in essa e la suoneria ridivien muta. Le distanze fra le incavature successive, il numero dei denti e i raggi delle ruote e dei rocheti sono studiati in modo che mentre il disco l gira del breve tratto che corre fra la prima e la seconda incavatura uno solo dei pini può incontrare l'estremità δ della leva δC ; questa dovrà invece essere incontrata da due pini nel mentre il disco gira pel tratto che corre fra la seconda e la terza incavatura e così di seguito; finalmente l'estremità δ sarà successivamente incontrata da dodici pini nel mentre il disco l gira pel tratto compreso fra l'ultima e la prima incavatura.

Quando, indipendentemente dalle ore, il martello deve battere un colpo ad ogni mezz'ora, la ruota che comanda l'indice delle ore in luogo di avere un pino soltanto ne ha due, diametralmente opposti, l'uno di essi determina la suoneria delle ore, l'altro quella delle mezz'ore; in tal caso il disco l contiene ventiquattro incavature in luogo di dodici e le loro distanze in luogo d'essere proporzionali ai numeri 1, 2, 3, 4 ecc., sono invece proporzionali ai numeri 1, 1, 2, 1, 3, 1, 4, 1 ecc. Per quanto si è detto si comprende che il moto della ruota E e del disco l ad essa congiunto è assai lento, compiono cioè un giro completo ogni dodici ore; e siccome in questo frattempo il martello deve battere 78 colpi — qualora la suoneria debba indicare solamente le ore — così la ruota l , che fa un giro completo ad ogni colpo di martello, dovrà fare 78 giri ogni dodici ore; ne dovrebbe fare 54 nell'egual periodo di tempo, qualora la suoneria dovesse indicare anche le mezz'ore poiché in tal caso si avrebbero 90 colpi di martello ogni dodici ore.

La minore o maggior lunghezza del pendolo produce necessariamente oscillazioni più o meno rapide, perciò volendo che il movimento dell'orologio sia perfettamente uniforme è indispensabile che la lunghezza del pendolo rimanga (finché l'orologio trovasi nello stesso luogo (1)) invariabile; ora i pendoli metallici generalmente adoperati vanno soggetti alle variazioni di temperatura: si dilatano e quindi si allungano all'alzarsi della temperatura, si restringono e quindi si accorciano all'abbassarsi della temperatura. Perciò un orologio, con pendolo formato d'una verga metallica, quand'anche fosse costruito col massimo scrupolo non potrebbe dare indicazioni egualmente precise tanto d'estate quanto d'inverno. Si rimedia a quest'inconveniente impiegando pendoli a compensazione, questi possono ricevere parecchie forme, ne indicheremo ora le due più comuni:

Il pendolo compensatore a graticola rappresentato isolatamente dalla fig. 232, è sostenuto da un sistema di verghette verticali, di diverso metallo, che riunite a tre traversi orizzontali costituiscono due telai. Il telaio esterno è formato da due verghette di acciaio saldate alle estremità dei due traversi di ottone T e T'; al traverso T son saldate e sovr'esso si ergono verticalmente due verghette di ottone alquanto più corte delle precedenti, congiunte con saldatura ad un terzo traverso I, del pari in ottone; questo traverso compie così il telaio interno; al punto di mezzo del traverso I è saldata l'asta in acciaio del pendolo, la quale passa per un foro praticato nella traversa inferiore T' e porta sospesa la lente del pendolo. Supponiamo ora che il pendolo cammini a dovere alla temperatura di 10° C e che la stagione diventi più calda; allora tutte le parti metalliche dell'apparecchio dovranno allungarsi; non occupiamoci dell'allungamento laterale dei tre traversi poiché questo non ha alcuna influenza sull'allungamento generale del pendolo, consideriamo invece l'allungamento delle verghette verticali e dell'asta del pendolo. Se il punto di sospensione dell'intero apparecchio non può né alzarsi né abbassarsi, come è appunto il caso negli orologi, le due verghette costituenti il telaio maggiore potranno

(1) Come abbiamo detto più sopra, il movimento oscillatorio del pendolo è dovuto all'attrazione terrestre o perciò esso divien più o meno rapido a seconda che quest'attrazione aumenti o diminuisce. L'attrazione terrestre dipende — con certa legge — dalla distanza del punto in cui si fa l'esperienza al centro della Terra: è chiaro che questa distanza è maggiore in volta anziché ai piedi d'un'alta montagna, ma non basta, essa può essere diversa anche fra due punti posti entrambi al livello del mare purché si trovino sotto diversa latitudine. Come tutti sanno, la Terra non è perfettamente sferica ma è rigonfia all'equatore e schiacciata ai poli (il raggio equatoriale misura 3738 chilometri, mentre il raggio polare ne misura 6357), perciò l'attrazione terrestre va gradualmente aumentando dall'equatore verso i poli; uno stesso pendolo, invariabile nella sua lunghezza, si muove quindi più rapido meno mano che lo si porta a latitudini maggiori.

allungarsi soltanto verso il basso e quindi faranno abbassare la traversa T', perciò saranno costrette ad abbassarsi in pari tempo anche le due verghette minori che costituiscono il telaio interno; ma queste due verghette si dilatano pur esse per l'aumentata temperatura, la dilatazione non può allungarle inferiormente, ciò è impedito dal traverso T', devono quindi entrambe allungarsi superiormente; tale allungamento solleva quindi il minor traverso I e conseguentemente anche l'asta del pendolo. Cosicché, mentre il caldo, allungando le due verghette maggiori e tutta l'asta del pendolo, produce necessariamente l'abbassamento della lente del pendolo, quest'ultima si trova nel tempo stesso sollevata per effetto del contemporaneo allungamento delle due verghette minori. Se le verghette fossero tutte di una medesima sostanza o di sostanze egualmente dilatabili, la lente non si troverebbe rialzata di tutto quel tanto che



Fig. 232. PENDOLO COMPENSATORE A GRATICOLA.



Fig. 231. PENDOLO COMPENSATORE A MERCURIO.

è obbligata ad abbassarsi, giacché l'abbassamento dipende dalla somma delle lunghezze dell'asta del pendolo e delle verghette maggiori, mentre il sollevamento dipende soltanto dalla lunghezza delle verghette minori. Perciò appunto queste ultime son fatte di ottone mentre le prime son fatte di acciaio; per eguali variazioni di temperatura, l'ottone si dilata ben più dell'acciaio (1), perciò la minor lunghezza delle verghette d'ottone può essere abilmente calcolata in modo da compensare esattamente la maggior lunghezza delle verghette maggiori dell'asta del pendolo. Per tal guisa la lunghezza del pendolo, determinata dalla distanza fra il suo punto di sospensione ed il centro della lente, rimane invariabile a qualsiasi temperatura.

Il pendolo compensatore a mercurio (fig. 231) è formato di un'asta metallica T alla quale è unito inferiormente un

(1) Due verghe metalliche l'una d'acciaio e l'altra d'ottone che a data temperatura misurassero entrambe un metro preciso, non conserverebbero la stessa lunghezza qualora la temperatura aumentasse di 10° C, la verga d'acciaio si allungerebbe di 0" 00001075, mentre la verga di ottone si allungerebbe di 0" 00001823.

vaso cilindrico R, parzialmente ripieno di mercurio. All'innalzarsi della temperatura l'asta T si dilata e non potendo allungarsi superiormente, si allunga solo verso il basso, perciò il serbatoio R si abbassa, ma in pari tempo si dilata anche il mercurio contenuto nel serbatoio e tale dilatazione ne solleva il livello; allora la distanza fra il punto di sospensione del pendolo ed il centro del mercurio (che in tal caso fa l'ufficio della lente nei pendoli ordinari) trovasi diminuita. Quando all'incontro la temperatura diminuisce, la lunghezza dell'asta T diminuisce, ma in pari tempo si abbassa il livello del mercurio e quindi anche il centro della massa liquida. Si può quindi calcolare esattamente qual quantità di mercurio convenga introdurre nel serbatoio R affinché, al variare della temperatura, le variazioni nella lunghezza del pendolo sieno esattamente compensate dalle variazioni nel livello del mercurio contenuto nel serbatoio.

Negli orologi a pendolo più comuni si supplisce alla compensazione, rendendo mobile la lente del pendolo; si può farla scorrere a piacere all'insù od all'ingiù, lungo il tratto inferiore dell'asta del pendolo; perciò l'ultimo tratto di quest'asta è foggiato a vite, esso riceve una *madrevite* o *galletto* che impedisce la discesa della lente; quando i movimenti del pendolo son troppo rapidi, si fa ruotare il galletto in guisa da permettere l'abbassamento della lente; quando invece i movimenti del pendolo son troppo tardi, si gira il galletto in opposta direzione, la lente del pendolo riesce sollevata e la di lui lunghezza rimane quindi accorciata.

III.

Orologi da tasca; la molla elastica, movimento rotatorio determinato dallo svolgimento della molla. — Gl'ingranaggi intermedi, la *ruota a corona* ed il *bilancere*. — Meccanismo che regola il movimento dei due *indici*. — Ineguale svolgimento della molla, la *chiocciola* ed il *barile*. — Il *bilancere a spira*. — Scappamento a cilindro. — Scappamento libero; sua applicazione ai cronometri. — Bilancere a compensazione. — Regolatore del tempo. — Importanti applicazioni dei cronometri. — Utilità di tutti gli orologi. — Il tempo che fugge e più non ritorna. — Fate buon uso del tempo.

Gli *orologi da tasca* devono indicare l'ora, tanto se l'orologio è mantenuto verticale, quanto se è in posizione più o meno inclinata od anche orizzontale, da ciò si comprende che il peso ed il pendolo, ottimi a far andare gli orologi murali, che rimangono sempre in posizione verticale, sarebbero assolutamente inservibili peggiori orologi da tasca. Pel loro movimento si trae partito da un'altra proprietà della materia, l'*elasticità*. Prendiamo una *molla* ossia un nastro d'acciaio lungo



Fig. 232. MOLLA MOTRICE D'UN OROLOGIO.

e sottile ed avvolgiamolo a spira, nel modo indicato dalla fig. 232. Se l'elasticità naturale della molla non incontra alcun ostacolo, quest'ultima andrà a poco a poco distendendosi ed allargandosi, poichè tutte le particelle d'acciaio che la costituiscono, tendono a riprendere la posizione primitiva, precisamente come una palla di gomma elastica riacquista l'aspetto primitivo al cessar della pressione che temporariamente la deformava. — Vediamo ora cosa succederebbe se la molla non

fosse perfettamente libera; avvolgiamola a spira, rendiamone immobile l'estremità esterna, inchiodandola ad un punto fisso, ed inchiodiamone l'altra estremità (ossia l'estremità che occupa il centro della spira) ad un cilindro di metallo. Allora l'elasticità della molla, obbligherà il cilindro a girare

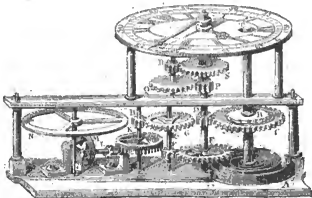


Fig. 233. MECCANISMO D'UN OROLOGIO A MOLLA.

sopra se stesso, finchè la molla si sarà distesa per tutto quel tratto che è compatibile con la sua lunghezza e con la distanza che corre dall'una all'altra delle sue due estremità.

La fig. 233 ci indica in qual modo si utilizza la rotazione di quel cilindro per far andare gl'in-

dici dell'orologio. Avvertiamo anzitutto che la distanza fra le varie ruote, è, in realtà, molto minore di quella indicata nella figura; in fatto le ruote degli orologi son fra loro vicinissime, le presentiamo molto discoste l'una dall'altra per rendere più chiara la descrizione.

Come si scorge dalla figura, l'estremità esterna della molla è inchiodata in A, mentre la sua estremità interna è fissata sopra un cilindro verticale che attraversa liberamente, grazie ad un foro, tanto il diaframma metallico che divide in due piani tutto l'orologio, quanto il quadrante graduato sul quale muovonsi i due indici. La sommità T di questo cilindro è di forma quadrangolare; introdotta in essa la *chiave* la si fa girare opportunamente per *caricare* l'orologio, ossia per tendere la molla. Non appena l'orologio è caricato, la molla — obbedendo alla sua naturale elasticità — incomincia a far ruotare il cilindro che la sorregge; per utilizzare la rotazione di questo cilindro, si fissa sovr'esso la prima ruota dentata C, in tal guisa questa è obbligata a girare unitamente al cilindro; i denti della ruota C ingranano in quelli del roccetto D sul cui asse, od albero, è fissata la ruota dentata E, la quale fa girare il roccetto F impennato sull'asse della ruota dentata G, questa mette in movimento il roccetto H nel cui asse è fissata la *ruota a corona* K, che ha questo nome per la speciale struttura dei suoi denti, questi ingranano in quelli del roccetto L, il cui asse orizzontale sostiene la ruota dentata M. A breve distanza dalla ruota M, si erge verticalmente un'asse, od albero, mobilissimo sui suoi due perni; nella parte superiore di quest'asse è fissato un *bilancere* o *volante* N (1) la cui massa è molto grande rispetto alle minime dimensioni di tutto il congegno; dall'asse del bilancere si staccano due palette *t, t'*; queste due palette non si trovano entrambe nello stesso piano, ma formano fra loro un angolo alquanto aperto; la palette *t*, collocata sull'asse immediatamente al di sotto del bilancere, può incontrare i

denti superiori della ruota M, mentre la palette *t'*, collocata al piede dell'asse, può incontrare i denti inferiori di questa ruota. Rammentiamoci che l'elasticità della molla fa ruotare tutti gl'ingranaggi dell'orologio ed aggiungiamo che grazie alla opportuna combinazione di ruote e roccetti testè descritta, il lento movimento della prima ruota C si trasforma in rapidissimo moto dell'ultima ruota M; or bene, quando uno dei denti di quest'ultima ruota incontra la palette superiore *t*, ei la obbliga a deviare dalla sua posizione, e siccome la palette è fissata sull'asse del bilancere, così si questo come quello, saranno obbligati a girare per breve tratto; questo movimento rotatorio dell'asse produce necessariamente lo spostamento della palette inferiore *t'* che va ad incontrare un dente inferiore della ruota M, questo dente urta allora la palette *t'* e la obbliga a mutar direzione; allora l'asse e con esso il bilancere, son costretti a girare in direzione opposta alla precedente, finchè la palette superiore *t* va ad incontrare un dente superiore della ruota M; l'urto si rinnova ed obbliga quindi la palette, l'asse ed il bilancere a cangiar movimento, e così, finchè la molla continua a svolgersi, il bilancere continua ad oscillare, ora in una direzione, ora nella direzione opposta, sempre però per breve tratto.

Come il lettore ha già compreso, le due palette *t, t'* ed il bilancere N costituiscono un *regolatore* ed adempiono, in questa specie di orologi, ufficio analogo a quello dell'ancora (indicata in NN nella fig. 228) negli orologi murali; impediscono alla ruota M di muoversi in modo continuo, l'interposizione alternata di una delle due palette frammezzo ai denti della ruota M rende il movimento intermittente e sensibilmente uniforme.

Le due ruote dentate Q ed S ed i due roccetti P ed R che occupano il piano superiore (fig. 233) servono a muovere i due indici, in modo che uno di essi — quello dei minuti —

(1) Il *volante*, che abbiamo già incontrato nella descrizione della macchina a vapore (Vol. II pag. 81), è una ruota coi raggi molto leggeri e col contorno molto pesante, attraversata da un asse od albero sostenuto da cuscinetti od infisso in appostili incavi allo sue due estremità; il volante è vantaggiosamente applicato a moltissimo macchine poichè esso in virtù della *legge d'inerzia* (un corpo in quiete non può da sè mettersi in moto, non può ridursi in quiete quando è già in moto, o non può neppur cambiare menomamente il suo moto, ma tende a conservare quella precisa condizione di quiete o di moto in cui si trova: ogni cambiamento che accada in questa condizione è da imputarsi a qualche impulso o a qualche

resistenza sopravvenuta) concorre a rendere uniforme il movimento della macchina. Quando per una qualsiasi causa la forza sviluppata dalla macchina aumenta, essa tenderebbe ad accelerare il moto della macchina, ma dovendo mettere in movimento anche il grave volante, l'accelerazione riesce assai meno sensibile di quel che sarebbe se il volante non ci fosse. Quando invece la forza sviluppata dalla macchina diminuisce, la macchina tenderebbe a rallentare il proprio movimento, ma il volante — per la velocità già acquistata — continua a muoversi velocemente, obbliga a muoversi di conserva con lui, tutti gli altri organi della macchina e rende così — per un po' di tempo — quasi insensibile il rallentamento.

compie un intero giro nel corso di un'ora, mentre l'altro — quello delle ore — compie un solo giro mentre il primo ne compie dodici. L'asse della ruota E passa liberamente attraverso a due fori praticati l'uno nel diaframma, l'altro nel quadrante; sulla sua sommità è fissato l'indice dei minuti, da ciò si comprende che le dimensioni della molla e del regolatore devono essere studiate accuratamente, affinché la ruota E ed il suo asse, e quindi anche l'indice dei minuti, possano esattamente compiere un intero giro nel corso di un'ora; sull'asse che si innalza dalla ruota E, è fissato il rocchetto P i cui denti ingranano con quelli della ruota Q, l'asse della quale sostiene il rocchetto R che, alla sua volta, ingrana nei denti della ruota S, quest'ultima ruota non è fissata, come a primo aspetto potrebbe sembrare, sul già menzionato asse dei minuti, bensì sopra un asse cavo; l'asse dei minuti attraversa l'asse cavo senza neppur toccarlo e quindi il movimento dell'uno non ha alcuna diretta influenza sul movimento dell'altro. L'asse cavo attraversa anch'esso il quadrante e sostiene l'indice delle ore.

È facile il comprendere in qual modo l'asse cavo può compiere un solo giro mentre l'indice dei minuti ne compie dodici: il rocchetto P, che per quanto abbiamo detto deve fare un intero giro nel corso di un'ora, ha otto denti, mentre la ruota Q ne ha ventiquattro; perciò nel tempo in cui il rocchetto P compie tre giri completi, la ruota Q ne compirà uno solo, e quindi tanto la ruota Q quanto il rocchetto R che si muove con essa, faranno un giro intero ogni tre ore; anche il rocchetto R ha otto denti soltanto mentre la ruota S ne ha trentadue, per conseguenza, ci vogliono quattro giri del rocchetto R per far compiere un giro completo alla ruota S, e siccome il rocchetto R fa un giro ad ogni tre ore, così per fargli fare quattro giri e quindi per far compiere un intero giro alla ruota S ci vorranno tre volte quattro, ossia dodici ore.

Quando l'orologio è appena caricato, la molla è molto tesa, allora la sua elasticità è massima, ma poi decresce gradatamente, perciò ad onta del regolatore superiormente descritto, tutti i movimenti riuscirebbero troppo rapidi nei primi istanti e troppo lenti negli ultimi; per rimediare a quest'inconveniente si fece uso del congegno rappresentato dalla fig. 234; la molla A è rinchiusa in un tubo molto largo e di poca altezza che dicesi *barile*, l'estremità interna della molla rimane fissata, come si è già detto, al cilindro che la sormonta, mentre l'estremità esterna è saldata sulla superficie interna del barile. Alla

superficie esterna di quest'ultimo, è avvolta una lunga e flessibilissima catenella d'acciaio, una estremità della quale è inchiodata sul barile, mentre l'altra estremità è inchiodata verso la base della *chiocciola* F, nel contorno della quale è praticata una scanalatura spirale, destinata, come ora vedremo, a ricevere gradatamente la catenella. Per caricare l'orologio, si fa girare, mediante la chiave, il tamburo conico F e così la catenella si svolge dal barile e si avvolge sulla chiocciola; questo movimento della catenella, fa girare anche il barile A; grazie a questo movimento del barile, la molla si avvolge intorno al cilindro che ne occupa il centro, in breve l'orologio è caricato; subito dopo, la molla incomincia a distendersi e quindi fa girare tanto il barile A quanto la chiocciola F — e quindi anche la ruota dentata che ne occupa la base — in direzione op-



FIG. 234. LA CHIOCCIOLA ED IL BARILE.

posta alla precedente. Il lettore ha già compreso che il movimento del barile si trasmette alla chiocciola mercè la catenella d'acciaio, questa va gradatamente svolgendosi dalla chiocciola ed avvolgendosi intorno alla superficie esterna del barile. Nei primi istanti, quando cioè la molla è maggiormente tesa, essa agisce — mediante la catenella — sulla scanalatura superiore della chiocciola, questa scanalatura superiore ha diametro minimo rispetto a tutte le altre e perciò oppone maggior resistenza ad esser messa in movimento, tale resistenza va gradatamente decrescendo quanto più grande è il diametro della scanalatura dalla quale sta svolgendosi la catenella; negli ultimi periodi del movimento della molla, la tensione di quest'ultima è minima, ma appunto allora essa agisce sul diametro massimo della chiocciola e così, mentre la forza della molla diminuisce, diminuisce pure lo sforzo necessario a far girare la chiocciola ed il di lei movimento — e quindi anche quello di tutto il meccanismo — risulta uniforme, poichè la ruota dentata applicata al disotto della chiocciola, trasmette il mo-

vimento a tutti gl'ingranaggi precedentemente descritti.

La chiocciola ed il barile costituiscono un complesso ingegnossissimo, tuttavia esso è quasi abbandonato: perchè richiede un asse di più e quindi aumenta gli attriti, perchè è frequente il caso della rottura della catenella, il che riduce all'immobilità tutto il congegno, e perchè la soppressione della chiocciola permette di impiegare una molla più esile. Si rimedia all'inconveniente dell'inequal elasticità della molla, costruendola molto lunga, affinchè la quantità di cui essa si distende in una giornata, risulti molto piccola; e così caricando l'orologio ogni ventiquattro ore, l'azione della molla rimane sensibilmente costante.

Gli orologi a molla provveduti del bilancere semplice, indicato con N nella figura 233, lasciavano ancor molto a desiderare rispetto alla regolarità dei loro movimenti che restava molto al disotto di quella degli orologi a pendolo. Per ottenere analogo risultato negli orologi portatili convenne sostituire al pendolo un organo d'altra natura atto a funzionare sempre alla stessa guisa, ad onta



FIG. 235. BILANCERE A SPIRALE.

dei cangiamenti di posizione ai quali può andar soggetto tutto il meccanismo. Huyghens suggerì a tale scopo di adattare al bilancere una molla finissima d'acciaio, conformata a spirale piatta (figura 235), un estremo della quale è fissato sull'albero del bilancere mentre l'altro estremo è inchiodato ad un punto fisso dell'orologio; l'albero del bilancere è terminato da due perni e perciò può muoversi assai facilmente intorno al proprio asse di figura. La presenza della molla spirale fa sì che il bilancere è in equilibrio solo in un'unica posizione particolare; togliendolo di là e facendolo ruotare in un senso o nell'altro — incarico affidato all'ultima ruota M che a brevissimi intervalli urta co' suoi denti or l'una or l'altra delle due palette fissate sull'albero del bilancere — la spirale d'acciaio si deforma e per la naturale sua elasticità tende costantemente a ricondurre il bilancere nella posizione primitiva; questi oscilla bensì in opposto senso ma non può arrestarsi nell'unica posizione d'equilibrio poichè è animato

da una certa velocità e quindi, per legge d'inerzia, è costretto a proseguire nell'iniziato movimento, a ciò concorre la ruota M che, nel momento opportuno, spinge innanzi una delle due palette fissate sull'albero del bilancere e così la molla si deforma nuovamente, la di lei elasticità fa indietreggiare il bilancere che per la velocità così concepita e per un nuovo urto impresso da un dente della ruota M all'altra palette fissata sull'albero, non può arrestarsi di botto nella posizione d'equilibrio ma indietreggia finchè la spirale d'acciaio riacquista il sopravvento ed obbliga il bilancere a mutar direzione. Il bilancere oscilla quindi alternatamente a destra ed a sinistra della sua posizione d'equilibrio come il pendolo quando è deviato dalla verticale, il bilancere a spirale serve quindi — in modo del tutto consimile al pendolo — per mantenere uniforme il movimento dell'orologio. Negli orologi animati da una molla, l'azione dell'organo regolatore dipende dall'elasticità della materia, in quelli mossi da un peso, l'azione dell'organo regolatore dipende invece dalla gravità.

Intorno al 1720 l'inglese Graham sostituì allo scappamento a paletta ed a ruota d'incontro — esclusivamente impiegato fino allora negli orologi portatili — lo scappamento a cilindro rappresentato dalle figure 236, 237. L'albero del bilancere non è pieno, la sua parte centrale — di forma cilindrica — è cava ed è tagliata in modo particolare come scorgesi in *a b c* nella figura 236 (ed in sezione, in scala più ampia, in *E A D* nelle figure 238, 239). La parte semicilindrica immediatamente al disopra della finestra *c* fa le veci delle palette precedentemente impiegate per moderare e regolare il movimento dell'ultima ruota, la quale ha pure struttura ed aspetto diverso da quella indicata con M nella figura 233. L'ultima ruota degli orologi regolati da scappamento a cilindro è collocata di fianco all'albero del bilancere ed è provvista di denti (chiaramente disegnati in C nelle fig. 238, 239) cuneiformi sostenuti da piccoli pivoli; questi denti urtano alternatamente ora la cavità interna (figura 238) ora la cavità esterna (fig. 239) dell'albero del bilancere e perciò gli imprimono un moto rotatorio alternato intorno al suo asse — il cui centro è segnato con B — ora verso sinistra, ora verso destra; l'interposizione del semicilindro cavo *E A D* serve quindi ad interrompere a frequentissimi intervalli la rapida rotazione dell'ultima ruota del

meccanismo, determinata dallo svolgimento lento e continuo della molla motrice; le interruzioni si riproducono con la desiderata uniformità grazie alle regolari oscillazioni della spirale d'acciaio applicata alla sommità del bilanciere (fig. 235).

Lo scappamento a cilindro, specialmente quando è ben lavorato, procura all'orologio, cui è applicato, una regolarità d'andamento di gran lunga superiore a quella che si ottiene dallo scappamento a palette e ruota d'incontro; agguagliasi che il prezzo dello scappamento a cilindro è poco elevato e che l'effettiva esecuzione del medesimo non presenta alcuna difficoltà ed infine che può essere impiegato anco in orologi di mediocre altezza senza che la regolarità dei suoi movimenti abbia a risentirsene. Tuttavia esso non assicura quella scrupolosa uniformità ed esattezza di movimenti che è richiesta per gli orologi destinati ad osser-

vazioni molto importanti come sarebbero gli orologi impiegati nella marina per la determinazione delle longitudini (1). In questi orologi, che prendono il nome di *cronometri* (che in greco vale: *misuratori del tempo*) lo scappamento a cilindro è generalmente sostituito dallo *scappamento libero* (fig. 240) che diversifica tanto da quello

a cilindro quanto da quello a palette — i quali con nome collettivo son detti *scappamenti a riposo confriante* — in ciò: il bilanciere compie la sua oscillazione, meno il brevissimo periodo dell'impulso, nella più completa indipendenza dall'ultima ruota (paragonabile alla M della fig. 233); quest'ultima non riposa sull'asse del bilanciere ma sopra un pezzo completamente isolato,

perciò gli attriti sono minori e minori sono quindi anche le cause perturbatrici che tendono a diminuire la regolarità dei movimenti dell'orologio.



Fig. 236.

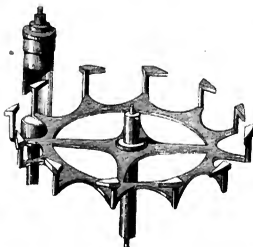


Fig. 237.

SCAPPAMENTO A CILINDRO.

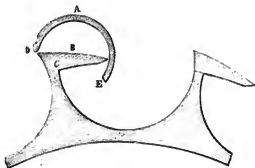


Fig. 238.

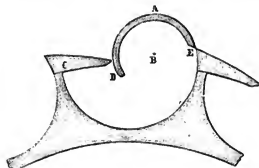


Fig. 239.

PARTICOLARI DELLO SCAPPAMENTO A CILINDRO.

La prima idea dello scappamento libero risale al 1748 ed è dovuta al valente orologiaio francese Pietro Le Roy; la figura 240 rappresenta questo scappamento col perfezionamenti posteriormente introdotti: A ed E sono due molle finissime d'acciaio le quali — quando il meccanismo è in riposo — rimangono rettilinee, la prima diminuisce in grossezza da sinistra verso destra ed è fissata, all'estremità destra, sopra un pezzo immobile B; la molla E ha grossezza

uniforme, la di lei estremità destra è fissata

(1) Per quanto si è già detto nella nota a pag. 105 riesce chiaro che la differenza fra l'ora indicata da un orologio cronometro regolato ad esempio sui mezzodì medio di Roma, e l'ora che si deduce da un'osservazione astronomica — eseguita, ad esempio, a bordo d'un bastimento che si trovi in mezzo all'Oceano — può fornire, con facile calcolo, la differenza di longitudine che separa il meridiano di Roma da quello nel quale trovasi il bastimento nell'istante dell'osservazione; è quindi manifesto che mercè un buon cronometro ed un'osservazione astronomica si può anco in alta mare stabilire con tutta esattezza la longitudine del punto in cui trovasi il bastimento.

La fig. 242 rappresenta in prospettiva il meccanismo d'un cronometro al quale è applicato lo scappamento libero fin qui descritto. Come si scorge dalla figura, il meccanismo contiene due *barilli*, ciascuno dei quali accoglie una lunghissima molla avvolta sul proprio albero ben venti volte, entrambe concorrono contemporaneamente al movimento del cronometro; la rotazione che ciascuna delle due molle, distendendosi, comunica al rispettivo barile, si trasmette alla ruota dentata, fissata alla di lui base e da questa alle altre ruote del cronometro. La rilevante lunghezza delle molle motrici, permetterebbe di lasciar andare il meccanismo per molti giorni di seguito senza rimontarle, tuttavia si preferisce *caricare* il cronometro ad ogni 24 ore, poichè in questo periodo di tempo, relativamente breve, le molle si distendono con moto sensibilmente uniforme e perciò riesce più facile conseguire la bramata regolarità di movimenti. L'ultima ruota dentata, visibile sulla parte anteriore della figura, è, con frequenti e regolari successioni, arrestata dallo scappamento, la cui estremità sinistra giunge fino al piede dell'albero del bilancere. E qui dobbiamo far osservare che il bilancere dei cronometri, non racchiude una spirale piatta come quella degli ordinari orologi (fig. 235) bensì una spirale conica (che, impropriamente, è detta *spirale cilindrica*) poichè questa assicura, ancor meglio della spirale piatta, la perfetta regolarità delle oscillazioni del bilancere. Quest'ultimo può appena dirsi una ruota, poichè non è formato da un anello chiuso, bensì da due archi metallici circolari che non combaciano ma lasciano due vani diametralmente opposti; ciascuno di questi due archi è sostenuto in un punto prossimo ad una delle due estremità, perciò la massima parte dell'arco rimane indipendente e quindi libera di incurvarsi più o meno, sotto l'influenza delle variazioni di temperatura. Ciascun arco è composto di due lamine metalliche (l'esterna è d'ottone, l'interna è d'acciaio temperato) grazie alla diversa dilatabilità dei due metalli si ottiene la compensazione necessaria per stabilire l'invariabilità della durata delle oscillazioni del bilancere. Sul contorno degli archi sono opportunamente distribuite delle masse metalliche che concorrono ad aumentare il peso e quindi la forza d'inerzia del bilancere, senza punto menomare la flessibilità delle lamine metalliche nelle quali le masse stesse sono introdotte.

La fabbricazione d'un buon bilancere a compensazione, riesce non poco dispendiosa, perciò non è possibile applicarlo agli orologi da mite prezzo; in questi le variazioni di temperatura alterano sensibilmente la durata delle oscillazioni del bilancere e quindi anche la durata dei movimenti di tutte le ruote, ed in ultima analisi anche il periodo di tempo nel quale gli indici compiono un intero giro sul quadrante. All'aumentare della temperatura la molla a spira, che regola le oscillazioni del bilancere, si allunga sensibilmente, le oscillazioni divengono proporzionalmente più lente, l'opposto avviene quando la temperatura aumenta. Per eliminare economicamente queste cause perturbatrici, si applica alla molla a spira il *regolatore del tempo*, rappresentato dalla fig. 241: un punto B della molla, prossimo al di lei estremo, attraversa un forellino praticato in

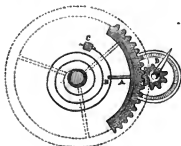


Fig. 241. REGOLATORE DEL TEMPO.

una verghetta A congiunta ad un arco dentato; la porzione di spira compresa fra i punti B e C rimane isolata e perciò non prende parte alcuna alle oscillazioni della molla spirale, queste dipendono adunque dalla tensione della spirale e dalla lunghezza del tratto compreso fra il punto B e l'albero del bilancere. Un rocchetto cui è congiunto un indice D può girare come meglio si desidera, verso destra o verso sinistra; i movimenti del rocchetto si trasmettono all'arco dentato ed alla verghetta A e questa trae seco la spirale nell'una o nell'altra direzione. Quando il movimento dell'orologio è troppo rapido, si muove a mano l'indice D verso destra, l'arco dentato ruota allora in opposta direzione, la distanza BC diminuisce, aumenta quindi la lunghezza della spira che prende parte alle oscillazioni e perciò queste divengono più lente e la velocità dell'orologio riesce diminuita; converrebbe invece muovere l'indice D verso sinistra, ogniquale il movimento dell'orologio fosse troppo lento.

Prima di chiudere quest'articolo, vogliamo

ancor dire che, grazie ai continui progressi delle arti meccaniche, la moderna orologeria ha raggiunto un alto grado di perfezione; si hanno orologi che si muovono con tutta la desiderabile uniformità, e che indicano esattamente anche frazioni di tempo appena percettibili, come ad esempio un *decimo di secondo*. Troppo lungo sarebbe il dire, come ed in qual grado questa esatta misura del tempo, abbia vantaggiosamente influito sul progresso di moltissime scienze; ricorderemo soltanto che i grandi progressi dell'astronomia, della geografia e della navigazione, sono in gran parte dovuti alla perfezione dei moderni cronometri. Questi ammirabili congegni

rendono all'umanità importantissimi servigi, poiché permettono al navigante di riconoscere in ogni momento e con tutta esattezza, sì in vicinanza come in lontananza dalle coste, sì di giorno come di notte, il *grado di longitudine* nel quale ei si trova (è questo uno dei due elementi che determinano l'esatta posizione d'un punto sulla superficie della Terra), cognizione importantissima che giova a prevenire non pochi naufragi, a risparmiare molte perdite di persone e di averi.

L'ingegnere che vuol misurare la portata di una sorgente o d'un corpo d'acqua qualunque, la velocità d'una macchina, la profondità d'un

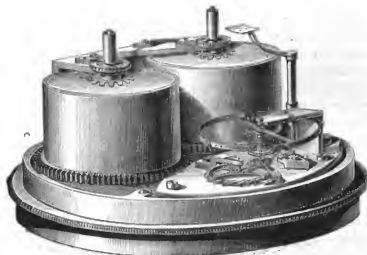


Fig. 212. MECCANISMO D'UN CRONOMETRO.

precipizio; il generale che vuol stabilire operazioni ed attacchi simultanei, il minatore che vuol precisare il tempo che impiegherà una miccia a trasmettere il fuoco; il medico che vuol stabilire la durata delle pulsazioni o d'altri fenomeni; il fisico che vuol riconoscere la velocità del suono, della luce, dell'elettrico, tutti ricorrono ai cronometri.

Più modesti, ma non meno importanti uffici, può compiere anche il più volgare orologio: il lento ma continuo movimento de' suoi indici,

segna inesorabilmente il tempo che *fugge e più non ritorna*.

Possano tutti i nostri giovani lettori comprendere tutta l'importanza, apprezzare il sommo valore del tempo; lo misurino avaramente, fuggano l'ozio e le chiacchiere inutili, procurino di impiegare utilmente anche le più piccole frazioni di tempo pel bene proprio e dei propri simili. Possano tutti ripensare con soddisfazione, nei loro vecchi anni, all'uso che avranno fatto del loro tempo.

I POZZI MODENESI⁽¹⁾

I.

Opinione degli antichi filosofi intorno all'origine dei fiumi; opinione di Cartesio; opinione dei moderni. — L'evaporazione dell'acqua marina produce le *nebbie* e le *nubi* che spinte dai venti cadono poi sul continente sotto forma di pioggia, di neve o di grandine. — Costituzione della crosta terrestre. — Permeabilità del suolo; fiumi sotterranei: il *Reno*, la *Guadiana*, il *Ceder-Creek*; il *Tinaco*. — Sorgenti d'acqua dolce in mezzo al mare; la sorgente del Golfo della Spezia.

La circolazione delle acque alla superficie della Terra è certo uno dei più imponenti fenomeni della natura: già da migliaia di secoli innumerevoli sorgenti versano continuamente enormi masse d'acqua nei torrenti e nei fiumi e questi le portano al mare senza che mai venga a menar loro l'alimento sebbene esse si trovino — per la massima parte — sulle falde dei monti a grande distanza dalle coste marine.

Aristotile ed altri filosofi della sua scuola, i quali amavano più i ragionamenti astretti e le ipotesi ardite anziché le accurate osservazioni e le assidue esperienze, ammettevano che l'acqua si forma nell'interno del suolo in virtù del celebre principio della tramutazione dei corpi, tanto accarezzato dagli alchimisti. Ammettevano edunque che l'aria penetrando sotterra, vi si condensasse e tramutasse in acqua; restava a spiegare il movimento ascensionale di quest'acqua, arduo quesito per quei tempi, ma quei filosofi non ebbero alcuna fatica a risolverlo; l'acqua — dicevano — ascende dalle profondità della Terra fin sulle falde dei monti, a notevole altezza sulle acque dell'Oceano, in virtù d'una causa occulta o in altri termini l'acqua sale perchè ha la virtù ascensionale!

Questa spiegazione fu accolta favorevolmente e fu generalmente accettata finchè Cartesio ne propose un'altra, meno imperfetta ma tuttavia ben lontana dal vero; le acque, diceva Cartesio, penetrano per condotti sotterranei fino ai piedi delle montagne, di là vengono spinte dal calore terrestre che le solleva fino alle sorgenti che sgorgano dai loro fianchi e formano i torrenti ed i fiumi.

(1) Per la compilazione di quest'articolo abbiamo consultato la *Guida du Soudier de Descartes et LAURENT*. Paris, Garnier, 1861.

Ma anche l'ipotesi di Cartesio dovette cadere quando i progressi delle scienze d'osservazione permisero ai fisici di stabilire, in modo incontestabile, la vera origine dei fiumi. L'enorme superficie dei mari e degli oceani svolge continuamente, sotto l'azione del calor solare, un'ingente quantità di vapori invisibili (1) i quali attesi la loro leggerezza — rispetto al peso dell'aria che ci circonda — salgono e si mantengono nell'atmosfera finchè incontrano strati d'aria dotati d'egual leggerezza. Ogni più lieve diminuzione di temperatura trasforma quei vapori invisibili in *nebbie* o *vapori visibili* e *nubi*, queste epunte dai venti, si librano anche sui continenti, sui quali cadono poi in forma di pioggia, di neve o di grandine. Esatte esperienze comprovano che la quantità d'acqua che in tal guisa cade annontamente sulla superficie dei continenti, compensa largamente quelle che i torrenti ed i fiumi riconducono al mare. L'eccezione è assorbita dalla Terra la cui superficie è generalmente formata da una serie di strati di terre permeabili, l'acqua discende finchè trova materie permeabili come sarebbero le sabbie e le ghiaie, si arresta quando incontra materie impermeabili quali, le argille e le rocce molto compatte e — a seconda dei casi — forma sotterra laghi e fiumi sotterranei che per ignote vie portano al mare il loro tributo.

Senza addentrarci nella descrizione geologica del nostro pianeta dobbiam però avvertire che la sua corteccia è composta da una lunga serie di stretti sovrapposti formati dai sedimenti delle acque che inondarono a più riprese le superfici dei continenti. In epoche da noi molto remote quei strati erano orizzontali paralleli e continui, ma le rivoluzioni interne che più volte sconvol-

(1) Vedi vol. II, pag. 51.

sero la cortecchia solida del nostro pianeta, incurvarono e fecero screpolare, in più punti, la massima parte di quei strati, i quali perciò assunsero svariatissime forme: qua avvallaronsi formando bacini, là si innalzarono formando colline; si comportarono analogamente ad un grosso cartone, formato dalla sovrapposizione di molti fogli piani, i cui flanchi opposti venissero contemporaneamente spinti in opposte direzioni.

La giacitura e la conformazione dei varii strati componenti la crosta della Terra rendono conto non solo di tutte le varietà di sorgenti, di ruscelli, di rigagnoli, di torrenti, di fiumi che solcano la superficie del nostro pianeta, ma ben anche di alcuni singolari fenomeni che agli antichi filosofi sembrarono inesplicabili: non tutti i fiumi corrono alla luce del sole, molte volte le acque dei fiumi vengono assorbite dalla permeabilità delle terre e delle rocce originando veri fiumi sotterranei i quali poi, per ignote vie, recansi al mare. Il fiume *Recca* scompare in una caverna poco discosta da Adelsberg (Illiria); in Spagna, la *Guadtana* si perde in terreno piano in mezzo ad una prateria; nella Virginia (America Settentrionale) il torrente *Ceder-Creek* si inabissa entro ad una galleria naturale profonda 90 metri.

Alcune volte i fiumi sotterranei ricompaiono alla luce del giorno prima di scaricarsi nel mare, come è il caso del celebre *Timavo* che ha la sorgente e la foce sulla costa dell'Adriatico, nel Golfo di Trieste, in prossimità a S. Giovanni di Duino; ma nel maggior numero dei casi, questi fiumi versano in mare le loro acque per ignote vie.

Ancor più singolari possono sembrare alcune sorgenti d'acqua dolce che sgorgano in mezzo al mare, come ad esempio è quella che zampilla nell'incantevole Golfo della Spezia. Questa sorgente, mirabilmente descritta dal nostro Spallanzani (1), trovasi a 50 metri circa dalla costa, forma alla superficie del mare una piccola prominenza di 25 metri di diametro, alta da 3 a 4 centimetri nel suo punto centrale. Nell'Oceano indiano, a 150 chilometri dalla costa, alcuni ufficiali Inglesi avvertirono la presenza d'un'abbondante sorgente d'acqua dolce. Questi ed altri innumerevoli esempi che potremmo citare provano chiaramente che le acque cadute sui continenti non si recano sempre al mare direttamente e alla luce del sole, ma infiltrandosi nelle terre possono giungere a grandissime distanze purché lo strato permeabile si trovi interposto fra due strati impermeabili che non lascino fuggir l'acqua.

(1) LAZZARO SPALLANZANI celebre naturalista italiano, nato a Scandiano, nel Modenese, il 12 gennaio 1729, morto a Pavia il 12 febbraio 1799. Studiò giurisprudenza e scienze naturali a Bologna; nel 1754 gli fu affidato l'insegnamento della logica, della fisica e del greco nel Liceo di Reggio.

Fattosi conoscere con le sue pubblicazioni scientifiche, fu invitato a recarsi ad insegnare all'estero. L'Università di Coimbra e l'Accademia di Pietroburgo gli indirizzarono brillanti offerte, ed non le accettò per rimanere in patria. Nel 1760 ebbe una cattedra nell'Università di Modena; otto anni dopo passò a Pavia a coprirvi la cattedra di Storia Naturale. Incaricato della formazione del Gabinetto scientifico di quell'Università poté grado grado — grazie alla sua attività ed ai molteplici suoi viaggi per terra e per mare — farne uno dei più importanti d'Europa. — Fu in assidue corrispondenza coi più illustri scienziati dei suoi tempi: le più importanti Società scientifiche d'Europa lo iscrissero nel loro albo. — Appassionatissimo per la verità ed la cercava e diceva continuamente.

Il seguente catalogo delle principali opere di Spallanzani vale a dare una chiara idea dell'importanza ed estensione delle ricerche da lui intraprese.

Riflessioni intorno alla traduzione dell'*Iliade* del Salemi, Parma 1763 in-8.^o; *Sopra un viaggio nei monti del Reggiano ed al lago di Ven-*

lasso, nella nuova Raccolta calogeriana, T. IX; *Saggio di osservazioni microscopiche concernenti il Sistema della generazione di Needham e di Buffon e Di lapidibus ab aqua resistentibus*, Modena 1765 in-4.^o; *Sopra gli animali delle infusioni nel Giornale d'Italia*, T. III; *Memorie sopra i muli*, Modena 1768 in-8.^o; *Prodromo di un'opera da imprimersi sopra le riproduzioni animali*, Modena 1768 in-4.^o; *Dell'azione del cuore nei suoi sanguigni*, Modena 1768 in-8.^o; *Contemplazione della natura di Bonnet, con note ed osservazioni*, Modena 1769-70, 2 vol. in-8.^o; *Profusio habitus in Ticiensis gymnasio*, Modena 1770 in-8.^o; *De' fenomeni della circolazione languente; de' moti del sangue indipendenti dall'azione del cuore; del pulsar delle arterie*, Modena 1773 in-8.^o; *Opuscoli di fisica animale e vegetale*, Modena 1776, 2 vol. in-4.^o; *Disertazioni di fisica animale e vegetale*, Modena 1780, 2 vol. in-1.^o; *Risultati di esperienze sopra la riproduzione della testa nelle lumache terrestri nelle Memorie della Società italiana*, T. I e II; *Sette Lettere (intorno a scienza naturali) negli Opuscoli scelti di Milano*, T. VI a XX; *Osservazioni fisiche nell'isola di Cerigo, nelle Memorie della Società italiana*, T. III; *Viaggi alle due Sicilie ed in alcune parti dell'Apennino*, Pavia 1792, 6 vol. in-8.^o; *Lettere sopra il sorpetto di una nuova sena nel pittorista*, Torino 1791 in-8.^o; *Lettere a Van Mons*, Pavia 1798 in-8.^o; *Memorie sulla respirazione*, Milano 1835, 2 vol. in-8.^o

II.

Condizioni indispensabili per la buona riuscita d'un pozzo forato; — strato *acquifero* interposto fra due strati impermeabili. — Pozzi forati dai cinesi e dagli egiziani. — I pozzi forati del modenese descritti dai Vallisneri e dal Corradi. — Lo stemma della città di Modena. — Pozzi *artesiani* fatti conoscere in Francia da G. D. Cassini. — Progressi nell'arte di forar pozzi. — Il pozzo forato di Grenelle a Parigi.

L'uomo seppe trar partito dalla disposizione degli strati del suolo; ei riconobbe che, in determinate circostanze, avrebbe potuto ottenere un abundantissimo getto d'acqua perforando il suolo fino a raggiungere lo strato permeabile. Egli inventò i pozzi, che noi diciamo *modenesi*, mercè i quali regioni deserte e prive d'acqua possono riceverne in abbondanza, inospiti lande possono tramutarsi in ridenti campagne.

Questi pozzi, che fuori d'Italia son detti *artesiani*, sono canali scavati verticalmente nel terreno, mercè i quali le acque sotterranee possono — qualora le condizioni geologiche sieno favorevoli — salire naturalmente fino alla superficie del suolo e talvolta anche zampillare a grandi altezze.

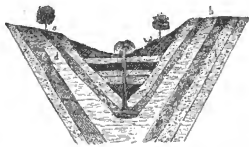


Fig. 243. SPZIONE ISOLE NELLA CORTECCIA TERRESTRE; — CONDIZIONI NECESSARIE PER L'ESISTENZA D'UN POZZO MODENESE.

Per comprendere quali sieno le condizioni indispensabili per la buona riuscita d'un pozzo modenese, esaminiamo la figura 243 nella quale son rappresentati varii strati di terre quali si vedrebbero praticando in un terreno un ampio e profondo taglio verticale.

Come facilmente si scorge, la nostra figura contiene due ordini di strati, l'uno orizzontale, l'altro inclinato: i strati orizzontali sono di formazione più recente degli strati inclinati, anche questi erano dapprima orizzontali ma poi furono sollevati dagli sconvolgimenti interni della Terra. Supponiamo ora che lo strato *b c d* sia formato di sostanze impermeabili all'acqua, come è ad esempio l'argilla, supponiamo inoltre che lo strato sovrastante sia composto di ghiaie o sab-

bie, ossia di sostanze permeabilissime all'acqua e che, su quest'ultimo strato se ne trovi uno di sostanze impermeabili. Le acque che cadranno alla superficie del suolo, sul terreno circostante allo strato permeabile, verranno assorbite dal terreno, questo non potrà smaltirle perchè è circondato da terreni impermeabili, perciò tutti gli interstizii dello strato permeabile andranno, a poco a poco, empiendosi d'acqua, e, dopo un certo tratto di tempo, tutto lo spazio permeabile sarà ripieno d'acqua fino alla sua massima altezza. Ecco adunque che forando tutti i terreni che ricoprono lo strato permeabile — cui per la quantità d'acqua che tien prigioniera, diremo *acquifero* — l'acqua ascenderà lungo quel foro, e, per una ben nota legge fisica (detta dei *tubi comunicanti*: quando uno stesso liquido occupa più tubi comunicanti, la superficie libera del liquido si mantiene in tutti quei tubi allo stesso livello), dovrà arrivare alla stessa altezza cui giunge nello strato permeabile. E se questo si troverà essere più alto della sommità del foro, l'acqua ne sgorgnerà zampillando.

Come ben si comprende, la figura che presentiamo (figura 243), non mostra il caso che più frequentemente si incontra nella pratica: essa è disegnata a quella guisa, per far comprendere con maggior facilità la cagione di sì interessante fenomeno. Effettivamente, non si incontra che ben di rado un bacino chiuso e così nettamente conformato; ma il più delle volte il bacino è di forme irregolari, è tagliato qua e là, è interrotto da mille accidenti di terreno, e qualche fessura laterale lascia, in parte, sfuggir l'acqua; da ciò tutto risulta, che l'acqua non si alza mai a tutta l'altezza che le verrebbe assegnata dalla teoria. A diminuire siffatta altezza concorre pure l'attrito della colonna d'acqua, che sta salendo, contro le pareti del canale irregolarmente forato in mezzo alle terre.

Gli antichi cinesi che per quanto sembra conobbero, se non tutte, almeno molte delle invenzioni per le quali noi europei meniamo tanto vanto, conobbero pure e praticarono in epoche

remotissime la foretura dei pozzi modenesi. Diceci che nella sole provincia di Outong-kiao, in un tratto di terreno lungo dieci leghe e largo quattro, vi sieno più di diecimila pozzi di questo genere, alcuno dei quali giungerebbe perfino alle profondità di tremila piedi. Noi però non ci fac-

ciamo garanti dell'esattezza di queste cifre, a vero dire straordinarie.

Un viaggiatore inglese, il dottor Griffith, che percorse più volte i deserti egiziani, assicura che scavando nella sabbia si incontra a poca profondità uno strato di rocce di tenue grossezza sotto al quale l'acqua è mantenuta prigioniera; perforando quelle rocce, l'acqua zampilla tosto alla superficie.

La Siria e l'Egitto posseggono moltissime sorgenti ottenute a questa guisa, e la maggior parte delle oasi dell'antica catena libica, devono la loro origine a pozzi forati 4000 anni or sono.

È verosimile che la roccia dalla quale Mosè fece sgorgar l'acqua (1) fosse in analoghe condizioni geologiche e che la verga da esso adoperata fosse una trivella da forar pozzi.

Spetta a noi Italiani il vanto d'aver praticati per primi in Europa quei pozzi foreti, che ora impropriamente si dicono *artesiani*, perchè in Francia si scavarono per la prima volta nell'Artois; ma che invero dovrebbero chiamare *modenesi*, perchè effettivamente furono forati prima che altrove nel 1479 nelle vicinanze di Modena, ove le condizioni geologiche del suolo sono così descritte dal Vallisnieri (2):

(1) Esodo, Cap. XVII, versetti 5 e 6.

(2) ANTONIO VALLISNERI, celebre naturalista, nacque il 3 maggio 1801 nel castello di Trebaldo nel Modenese, morì a Padova il 26 gennaio 1730, ove fu del 1730 era stato chiamato ad occupare la cattedra di medicina-pratica in quell'Università — Di lui si hanno: *Dialoghi sopra la curiosa origine di molti insetti*, Venezia 1700 in-8.^o; *Prima raccolta d'osservazioni e d'esperienze*, Venezia 1710 in-8.^o; *Considerazioni intorno al cruduto cervello di due impietisti*, Padova 1710 in-4.^o; *Considerazioni ed sperienze intorno alla generazione del vermi ordinari del corpo umano*, Padova 1710 in-4.^o e 1728 in-4.^o; *Varie lettere spattanti alla Storia medica e naturale*, Padova 1713 in-4.^o; *Esperienze ed osservazioni intorno all'origine, sviluppi e costumi di vermi insetti*, Padova 1713 in-4.^o; *Nuove idee del male contagioso dei bovi*, Milano 1711 in-12.^o; *Storia del comendante*, Venezia 1710 in-4.^o; *Lessione accademica intorno all'origine delle fusioni*, Venezia 1715 e 1728 in-4.^o; *Storia della generazione dell'uomo e degli animali, con un trattato della sterilità e dei suoi rimedii*, Venezia 1711 in-4.^o.

Da corpo marino, che, intonati al

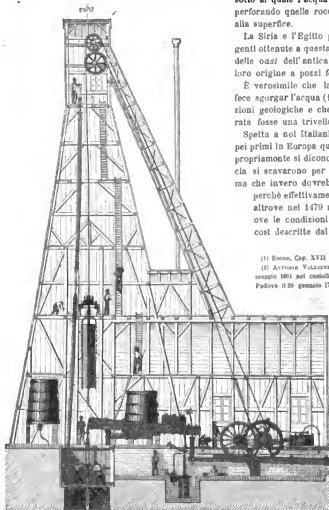


Fig. 211. CANTIERE PER LA PERFORAZIONE D'UN POZZO TRIVELLATO MOLTO PROFONDO.

« Ha questo di particolare non solamente questa città (Modena), ma gran parte de' borghi suoi, e de' campi e delle terre, specialmente verso Bologna, che in qualunque sito si cavi il terreno alla profondità di 63 piedi romani, si trova uno strato, come un pavimento di dura creta, che buccato con un *certo* trapano lungo sei piedi, sbocca di repente dall'apertura fatta con tale e tanto empito l'acqua compressa e stivata in quelle angustie, che ar-

riva in un batter d'occhio, torbida sulle prime e rigogliosa, fino alla sommità del pozzo, indi schizza e trabocca da' margini del medesimo, e sparpagliandosi d'intorno, forma all'aria sfegata una fonte che mancanza non conosce. »

Un altro autore, il Corradi (1), così si esprime:

« Per ottenere uno dei nostri fonti di Modena si scava

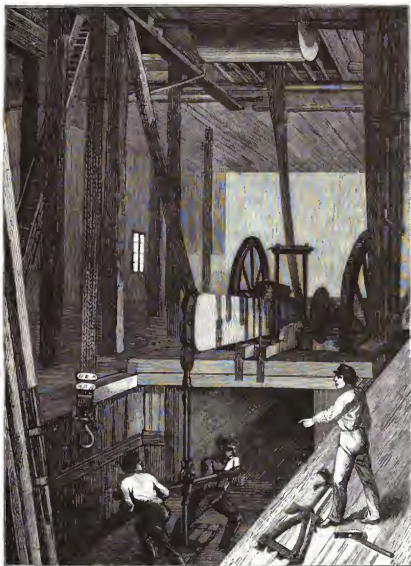


Fig. 25. PERFORAZIONE D'UN POZZO TRIVELLATO.

a piombo 40 a 45 piedi bolognesi, or più, or meno, stante l'ineguaglianza del suolo. Giunti all'opportuna profondità trovasi la terra un po' umida e tenera, e sotto questa alle volte per essere sparsa, si trova la sabbia. Ivi giunti

trovano, Venezia 1721, 1723 in-4.^o; Dell'uso e dell'abuso delle bevande e bagnature calde o fredde, Modena 1725 in-4.^o Tutti gli scritti di questo grande naturalista furono raccolti da suo figlio Antonio (*Opere fisico-mediche stampate e manoscritte*, Venezia 1733, 3 vol. in fol.).

non più si cava, ma forasi con una *certa* trivella che fora sempre per mezzo alla sabbia. Alcune volte trovasi ghiaia, ma grossa tanto che sopra di essa urtando la trivella, non può forarsi pozzo, ma allora bisogna con una grossa guccia di ferro temperata, battendovi sopra con mazza, o smuoverla o infrangerla, e far strada all'acqua con passare gl'intoppi mediante la medesima

(1) *Lettere al Hamazzini intorno a fonti modenesi*, Bolognese 1691.

guccia di ferro profundata a colpi, quanti ne abbisognano di grave mazza. »

Che tale invenzione torni ad onore del modenese, risulta anche « dal trovarsi dipinte nello stemma del comune di Modena due trivelle, simili a quelle che i fontanieri adoperano per forare questo genere di pozzi, con sopra scritto il motto: *Avia, pervia*, che vuol essere interpretato *avia sunt pervia* (1). »

Sembra che la prima notizia intorno ai pozzi modenesi, sia stata recata in Francia dal celebre nostro astronomo Gian Domenico Cassini (2), chiamato a Parigi sotto il regno di Luigi XIV.

L'arte di forar pozzi con mezzi meccanici (ossia senza far discendere gli operai in fondo allo scavo) era però ancor bambina; solo nel nostro secolo essa poté raggiungere un alto grado di perfezione, mercè i progressi combinati delle scienze e delle arti; si forarono pozzi di profondità fino allora inaudite, si migliorarono gradatamente i rozzi strumenti che avevano servito ai primi lavori di questo genere; l'umile trivella, adoperata dai nostri avi, si è convertita in uno strumento ammirabile, atto a raggiungere gli scopi più svariati; il suo gambo misura gigantesche dimensioni, parecchie centinaia di metri a forza di ingegno e di perseveranza, si poté manovrare un gambo sì smisurato e giovare

per limare o tagliar tubi di metallo, nel fondo del foro, formar viti, raccogliere utensili perduti, compiere a parecchie centinaia di metri di distanza, in fondo a un foro di pochi centimetri di diametro, molti di quei complicati lavori che il fabbro eseguisce direttamente sulla sua incudine!

La perforazione si compie mercè un trapano od uno scalpello che corrode la roccia sottostante ora con un movimento rotatorio, come quello degli ordinari succhielli che si internano nel legno, ora con un movimento di percussione, analogo a quello che il minatore comunica agli stampi da mina. La roccia, corrosa in uno di questi due modi, è ridotta in minutissimi frammenti, questi vengono estratti con un secchio di speciale struttura, il cui fondo, conformato a valvola, è così disposto che, quando il secchio è vuoto, e spinto entro ai frammenti della roccia, la valvola si apre, i frammenti penetrano nel secchio, ma poi, sollevandolo, vi rimangono, mantenendo, col loro peso, chiusa la valvola. Il gambo del trapano o trivella, può essere considerato come il manico d'un gigantesco utensile lungo parecchie centinaia di metri, provveduto successivamente, alla sua estremità inferiore, coi singoli attrezzi che devono eseguire il lavoro, mosso e diretto superiormente dagli operai.

Le fig. 244, 245, possono dare un'idea del me-

(1) RIMBELLI, *Lettere intorno invenzioni e scoperte italiane*, Modena 1816, pag. 123.

(2) G. D. CASSINI nacque l'8 giugno 1625 a Perinaldo, l'antica *Podium Reinaldi*, nella contea di Nizza, studiò dapprima in famiglia poscia a Genova nel collegio dei gesuiti, mostrò allora grande amore per gli studi letterari; venutogli casualmente fra le mani alcuno opera d'astrologia giudiziaria se ne invaghì momentaneamente, ma poi avendo ravvisato, attraverso alla frivolezza ed alle ridicolaggini di quella scienza, la vera bellezza dell'astronomia, si pose a studiarla con vero trasporto. Fece in questa scienza progressi talmente rapidi che, nel 1650, il Senato di Bologna lo invitò a coprire la cattedra di astronomia rimasta vacante in quell'Università per la morte del celebre Bonaventura Cavalieri, l'autore del metodo degli indivisibili. — Il giovane astronomo accettò e ripose degno alla fiducia in lui riposta dal Senato bolognese. Nel 1652 Cassini osservò diligentemente i movimenti d'una cometa e disse sue osservazioni trasse la saggia conseguenza che l'ineguaglianza nei movimenti di questi astri è soltanto apparente, o che la cometa sono sottoposti a leggi regolari come i pianeti. Dal 1653 al 1655 si tracciò sul suolo della vasta basilica di San Petronio, in Bologna, la più gran meridiana che fosse stata disegnata fino allora; col progresso del tempo essa rese non pochi servizi alla scienza poichè servì a verificare parecchi importanti calcoli astronomici. — In seguito a numerose ed accuratissime osservazioni valutò in 9 ore 56 minuti la durata della rivoluzione diurna di Giove ed in 24 ore 40 minuti quella di Marte (i moderni astronomi, disponendo d'istrumenti più perfetti, ridussero la prima a 9 ore 55 minuti, la seconda a 24 ore 37 minuti). — Questi ed altri lavori scientifici, dei quali per brevità dobbiamo tacere, diedero gran fama al professore

bolognese. Re Luigi XIV, che nel 1665 aveva fondata l'Accademia delle scienze di Parigi, volle che Cassini vi fosse iscritto come socio corrispondente, ma Colbert — il ministro influente di quel tempo, il cui nome si collega a quella grande istituzione — fece ancor più; volle avere in Francia il celebre astronomo di Bologna, onore che questi ebbe in comune col bolognese Huyghens. Ci vollero lungo negoziazioni diplomatiche fra il re di Francia, il papa ed il Senato bolognese, questi acconsentì a lasciar partire Cassini solo per alcuni anni; si giunse a Parigi al principio del 1669 e vi fu ricevuto dai re con ogni distinzione. — Nel 1673 Colbert gli spedì lettere di naturalizzazione, nello stesso anno Cassini sposò una francese e si stabilì definitivamente in Francia, ove continuò ad occuparsi col massimo ardore del progresso dell'astronomia. Una cometa apparsa nel 1680 gli fornì propizia occasione per nuove osservazioni, queste confermarono la teoria da lui precedentemente esposta sui movimenti dei corpi celesti. Nel 1683 scoprì la luce zodiacale, nello stesso anno notò che l'asse di rotazione della Terra non si mantiene perpendicolare all'eclittica come ora creduto fino allora, o che le di lei posizioni successive nello spazio non sono fra loro parallele. Scopersero successivamente cinque dei sette satelliti di Saturno. Nel 1693 pubblicò esatte tavole dei satelliti di Giove, frutto di lunghi studi o di assidue osservazioni. — Negli ultimi anni di sua vita divenne cieco, tuttavia rimase fino all'ultimo giorno perfettamente sereno e tranquillo, gaio ed affabile con tutti. Morì a Parigi il 11 settembre 1712.

La notorietà dello spazio non ci permette di riferir neppure i titoli dei numerosi scritti di questo grande astronomo, essi figurano nella *Bibliografia astronomica* di Lalande.

tutto che si segue nella perforazione: due operai imprimono un moto rotatorio alla lunghissima trivella che corrode lentamente il terreno sottostante e così penetra grado grado a profondità ognor maggiore; quando la roccia che si vuol perforare, è assai dura, si rinuncia alla trivella e si sostituiscono ad essa scalpelli d'acciaio applicati all'estremità inferiore di lunghissimo gambo sulla cui sommità si fa cadere da notevole altezza e con gran frequenza un pesantissimo maglio. Nel primo caso il gambo deve resistere a notevole sforzo di torsione e perciò è mestieri fabbricarlo interamente in ferro; nel secondo caso si possono impiegare all'uopo lunghi pali di frassino che vengono congiunti successivamente con anelli e viti di ferro. Per agevolare l'estrazione del gambo che riceve ora la trivella, ora lo scalpello, ora la secchia, mercè la quale devonasi, di tempo in tempo, ritirare i frammenti di roccia dal fondo del foro, convien erigere al disopra di quest'ultimo un alto castello e ricorrere ad un potente argano — che generalmente è messo in movimento da macchina a vapore. — All'argano è fissata l'estremità di robusta fune che si accavalca sopra una puleggia (fig. 244) e discende poi fin presso alla bocca del foro, ove termina con un grosso uncino (visibile sulla sinistra della fig. 245); fatto entrare l'uncino in apposito foro predisposto nella sommità del gambo dell'utensile, si fa agire l'argano nella conveniente direzione; il gambo sale a poco a poco, gli operai lo scompongono nei suoi singoli pezzi finché giungono ad impedirsi dell'ultimo pezzo, al piede del quale sostituiscono ora l'apparato perforatore al secchio d'estrazione, ora questo a quello; ciò fatto, si imprime all'argano un moto rotatorio in direzione opposta alla precedente; le singole porzioni del gambo, vengono successivamente introdotte nel foro e ricongiunte l'una all'altra; quando l'utensile è giunto alla conveniente profondità, ricomincia la perforazione o l'estrazione dei frammenti e così via.

Il più noto forse fra i pozzi trivellati è quello detto di *Grenelle*, nell'interno di Parigi, la cui foratura incominciò al 23 novembre 1833. Dapprincipio bastarono cinque uomini per manovrare l'istumento perforatore, poscia — col progredire del lavoro — questo numero andò aumentando fino ad undici; da ultimo si impiegarono sei cavalli. Non si ebbe necessario ricorrere a macchine a vapore. La perforazione fu praticata senza

notevoli accidenti fino alla profondità di circa 230 metri. Successivamente erano stati introdotti nell'interno del foro — per impedire il franamento delle terre che costituiscono le pareti interne del foro — cinque tubi cilindrici, il più ampio de' quali misurava 51 centimetri, mentre il più ristretto aveva il diametro di 31 centimetri; quest'ultimo discendeva fino alla profondità di 148 metri, gli altri si arrestavano a profondità gradatamente minori. L'utensile perforatore aveva già attraversati due strati acquiferi, però troppo poveri per bastare allo scopo.

Il 30 luglio 1835 il lungo gambo di ferro (lungo hen 230 metri) si ruppe in sette pezzi che precipitarono in fondo al pozzo; per mala sorte essi si contrastavano l'un l'altro in guisa che ogni tentativo per estrarli direttamente, mediante tenaglie, rimase infruttuoso. Ciò recava non poco danno, poichè quei pezzi di ferro impedivano l'ulteriore approfondimento; fu quindi mestieri tagliare quel ferro in piccoli minuzoli che di mano in mano venivano estratti. Fignatevi quanta abilità, quanta costanza ci volle per raggiungere questo scopo, essendo necessario far agire a quella profondità lo scalpello e la lima: basti il dire che questo ingrato lavoro richiese quattordici mesi.

Il 10 febbraio 1837 la profondità del pozzo era di 303 metri, quando il gambo si ruppe per la seconda volta, 320 metri di spranghe di ferro caddero sulla secchia che trovavasi allora in fondo al pozzo; non senza fatica si poterono estrarre le singole porzioni di quella gigantesca impugnatura di ferro, contorte e ripiegate in mille modi; reslava ancora, in fondo al pozzo, la secchia confitta nell'arto nella terra sottostante, dopo d'averla vnotata con una secchia più piccola, si fece discendere una grossa vite d'acciaio col verme tagliente, e convenientemente manovrandola si poté farla penetrare nel metslo della secchia; questa rimaneva tuttavia imprigionata nell'argilla, a mala pena si poté sollevarla per mezzo metro, ma non ci fu verso di tirarla più su; fu mestieri cacciarla giù a colpi di maglio, poi si rinnovò il tentativo e la secchia poté essere sollevata qualche centimetro più della volta precedente, la si ricacciò giù di bel nuovo a colpi di maglio e si ritentò l'estrazione; dopo d'aver ripetuta un centinaio di volte codesta manovra la secchia salì finalmente alla luce del giorno. Questo lavoro assorbì non meno di quindici giorni.



Fig. 280. COLONNA MONUMENTALE SULLA PONTE TRICELLATA DETTA DI GENOVA A PAGNANI.

Il 25 marzo di quell'anno vide ripetersi lo stesso accidente in condizioni ancor peggiori; una secchia e 325 metri di gambo precipitarono al fondo, si poté senza molta fatica estrarre il gambo ma per tirar su la secchia convenne lavorare per ben due mesi. Frattanto fu mestieri rivestire le pareti del foro che erano prive di sostegno per lungo tratto; e a tal fine si introdusse nel foro un nuovo tubo lungo 209 metri, avente il diametro di 205 millimetri, al quale tenne dietro, dopo pochi mesi, altro tubo, lungo 340 metri avente 21 centimetri di diametro.

L'8 aprile 1840 il gambo, munito d'uno scalpello si ruppe ancora; il gambo poté uscire ma non così lo scalpello che era rimasto profondamente incastrato nel foro, l'istrumento col quale si tentò l'estrazione si ruppe anch'esso replicatamente e per raggiungere lo scopo ci vollero quattro mesi di assiduo lavoro, durante i quali il gambo si spezzò ventidue volte nell'interno del foro.

Dopo ciò si introdusse nel foro un ultimo tubo avente 185 millimetri di diametro esterno e 17 centimetri di diametro interno, lungo 537 metri. Una nuova rottura dell'intensile sospese i lavori per tutto il gennaio 1841; dopo avervi riparato alla meglio si proseguì l'approfondamento; il 26 febbraio 1841 il foro misurava 547^m 50 al disotto del suolo e 541^m 00 al disotto del livello del mare; in quel giorno adunque, gli sforzi perseveranti di chi dirigeva il lavoro, si trovarono coronati da uno splendido esito; poichè un notevole corpo d'acqua, fattosi strada lungo quel profondo canale, scaturì dalle regioni sotterranee e comparve alla luce del giorno.

Nel corso di ventiquattr'ore esso getta seicento mila litri d'acqua limpidissima; la cui temperatura, come era previsto dagli scienziati, è sempre superiore e quella della nostra atmosfera; quell'acqua sotterranea segna costantemente 28 gradi del termometro centigrado.

L'altezza del getto mantienesi sempre a 36^m 00 dal livello del suolo e quindi a 72^m 50 sul livello del mare.

L'acqua ascendente passe sotterraneamente in due tubi orizzontali che mettono capo al centro d'una piazza poco discosta dal sito in cui fu forato il pozzo, colà argesi un'elegante colonna monumentale in ferro fuso (fig. 246); giunti al piede della colonna, i due tubi piegano a gomito ed ascendono verticalmente fino in sommità, a 38 metri sul livello del suolo; a quell'altezza c'è una piccola vasca dalla quale partono due tubi discendenti, l'uno di essi dirige al bisogno di consumo l'acqua zampillante dal pozzo; il quarto ed ultimo tubo serve a scaricare l'acqua da quella vasca, quando il getto liquido è più abbondante del consueto.

Il diametro del foro, che al livello del suolo misura 51 centimetri, va gradatamente restringendosi verso il fondo ove esso ha il diametro di soli 12 centimetri.

Altri pozzi ancora più profondi furono escavati dopo quello di Grenelle: ciò non pertanto quest'ultimo reterà memorabile nella storia dell'arte, come ebbe a dire lord Brougham visitandolo, non tanto per l'arte del foratore, che pure fu veramente meravigliosa, quanto per la perseveranza con cui fu condotto a termine.

III.

Temperatura delle acque dei pozzi trivellati. — La corteccia del nostro pianeta. — Temperatura crescente all'aumentare della profondità. — Fluidità interna della Terra. — Le sorgenti termali. — I terremoti. — I vulcani. — Le valvole di sicurezza del nostro pianeta.

Resta ora a dirvi per qual motivo l'acqua zampillante del pozzo di Grenelle, come quella che sgorga da altri pozzi trivellati molto profondi, è dotata d'alta temperatura.

La Terra che noi abitiamo, ben lungi dall'essere una massa solida e compatta come si crede dal volgo, è all'incontro una massa per la maggior parte composta di materie liquide dotate di altissima temperatura, in grazia della quale esse

mantengono costantemente allo stato di fusione; questa gran massa fusa è ricoperta da una corteccia, relativamente molto sottile (di grossezza variabile dal 20 al 60 chilometri, mentre il diametro medio della Terra ne misura ben 12,700). — Il paragone e che avrete udito ripetere le molte volte della nostra Terra con un arancio gioverà anche a fornirvi un'idea della sottigliezza di questo involucro solido che circonda e riveste

il nostro globo, paragonato coll'immensa quantità di materia fluida da esso racchiusa. La più sottile corteccia di un arancio è relativamente, ben più grossa della corteccia solida del nostro globo; e la materia carnosa dell'arancio può rappresentare la materia fluida ed incandescente che costituisce la massima parte della nostra Terra.

La fluidità interna del nostro pianeta è messa fuori di dubbio dagli scienziati moderni, i quali fra i vari argomenti che servono di fondamento a questa teoria, citano anche il seguente che può essere compreso da tutti.

L'esperienza giornaliera dimostra che nei pozzi molto profondi, come sono ad esempio quelli delle miniere, la temperatura cresce quanto più si discende, ovvero sia quanto più ci avviciniamo al centro della Terra. Ad ogni 30 metri di profondità la temperatura aumenta di un grado del termometro centigrado. Or dunque, le acque dei pozzi trivellati molto profondi, scaturendo da regioni ben più calde della superficie terrestre, devono possedere temperatura tanto più elevata quanto più grande è la profondità da cui sgorgano. Le acque delle sorgenti calde o termali che riescono tanto vantaggiose nella cura di molte malattie sono appunto acque penetrate a grandi profondità, che per la conformazione speciale dei terreni possono risalire alla superficie del globo. Le virtù salutari che esse posseggono sono dovute ai principii minerali che tengono in soluzione, dei quali poterono impreguarsi, anco in grazia della loro elevata temperatura, mentre attraversavano sotterra strati composti di quei minerali.

Dalla legge testè accennata dell'aumento di temperatura proporzionale alla discesa verso il centro della Terra, risulta che si troverebbe già la temperatura dell'acqua bollente, qualora fosse

possibile discendere in un pozzo profondo soltanto 3 chilometri. Scendendo a profondità ancor maggiori si troverebbero analogamente temperature sempre più alte; a circa 7 chilometri si fonderebbe lo stagno, a 10 si liquefarebbe il piombo, a poco più di 30 il rame e l'argento diverrebbero liquidi, e dopo altri 3 chilometri di discesa l'oro stesso sarebbe fuso; e così via per modo che a maggiori profondità ben poche sostanze potrebbero durare allo stato solido. Alla profondità di 150 chilometri non si incontrerebbero più sostanze solide, poichè la temperatura corrispondente supererebbe al certo i 4000 gradi e nessuna sostanza conosciuta rimane solida a temperatura sì elevata.

Abbiam detto che l'interno della Terra è fluido e non già soltanto liquido, come da alcuni si ripete; le altissime temperature che si riscontrano a grandi profondità valgono senza dubbio a fondere alcune sostanze ed a volatilizzarne molte altre trasformandole in gas ed in vapori. Per effetto delle enormi pressioni cui si trovano sottoposti, e gli uni e gli altri sono molto costipati, e, tendendo naturalmente ad espandersi, reagiscono con gran forza sulla cortecce solida del nostro pianeta, dando origine a sollevamenti di terreni, a terremoti. Quando poi la forza espansiva dei gas rompe la cortecce, le materie fluide vengono alla superficie della Terra; allora succede un'eruzione vulcanica; allora giungono alla superficie le materie liquefatte e sollevansi nell'aria dense colonne di gas e di vapori. I vulcani risparmiano alle superficie della Terra molti cataclismi che senza quei liberi sfoghi, si rinnoverebbero certamente con grande frequenza; e ben a ragione i vulcani furono perciò chiamati: *le valvole di sicurezza del nostro pianeta*.

DEI VARI MEZZI D'ILLUMINAZIONE.

I.

L'illuminazione presso gli antichi; piante resinose; lampade ad olio. — La capillarità. — Prime candele di cera e di sego; l'acido stearico. — Stazionarietà dei mezzi d'illuminazione. — Inconvenienti dei lucignoli pieni. — Duplice invenzione di Argand. — La strozzatura nei caminetti di vetro. — Mobilità del caminetto. — Applicazione del Vaso di Mariotte. — Lucerne alla Carceli ed a moderatore.

È verosimile che nei primordi dell'umana società gli uomini si alzassero col sole, si coricassero al tramonto; le caccia e la pesca, l'agricoltura e la pastorizia, che erano le sole occupazioni dei primi abitatori della Terra, potevansi esercitare unicamente di giorno; ma col progredire della società sorsero le arti domestiche, fra le quali primeggiavano la filatura e la tessitura; le brevi giornate d'inverno non bastavano a compiere i lavori richiesti dal benessere della famiglia, l'uomo cercò quindi di emanciparsi dalla forzata inazione alla quale si trovavasi condannato nelle tenebre notturne, rintracciò un mezzo con cui dissipare le fitte tenebre che lo circondavano e protrarre così la durata de' suoi lavori domestici.

Il fascio di legna accese che gli serviva a cuocere i cibi, serviva in part tempo ad illuminare modestamente l'interno della rozza capanna; in capo a qualche tempo l'osservazione deve avergli fatto scoprire che non tutti i rami spandevano egual luce, alcuni ne diffondevano in copia maggiore degli altri, ei riconobbe quindi che per ottenere luce viva e splendente conveniva preferir questi rami, che appartenevano per certo a piante resinose. — Quest'induzione è confermata dal fatto che, ancor al presente, popolazioni selvagge ricorrono per lo stesso scopo alle piante di quella specie.

In tempi meno remoti si riconobbe che l'olio può prestarsi all'illuminazione ben più vantaggiosamente dei rami di piante resinose. Le antiche popolazioni, come gli Indiani, gli Egizii, gli Ebrei, possedevano già lampade di terra o di metallo nelle quali (fig. 247) l'olio ardeva alla sommità d'un rozzo lucignolo formato da un fiocco di cotone parzialmente immerso nel liquido. L'olio attraversando i piccolissimi canaletti formati dalle fibre del co-

tone, sale alla sommità del lucignolo in virtù di una legge fisica detta *capillarità*; approssimando un zolfanello od altro corpo acceso, alla sommità del lucignolo, l'olio in esso contenuto si riscalda e si accende, la combustione così provocata trasforma l'olio in prodotti aeriformi che si spandono nell'aria circostante, tuttavia il lucignolo non rimane privo d'olio poichè la capillarità obbliga l'olio sottostante a salire continuamente nel lucignolo ed occuparvi nei minimi suoi interstizii il posto rimasto vuoto per la metamorfosi provocata dalla combustione.



FIG. 247. LAMPADA ANTICA

Solo nel dodicesimo secolo si incominciò ad utilizzare, per l'illuminazione, alcune sostanze come il sego e la cera, che pur rimanendo solide alla temperatura ordinaria fondono a temperature ben poco superiori (1). Riesce quindi facile il deporre successivamente (fig. 248) sopra un lungo lucignolo più e più strati di queste sostanze ancor liquide che a contatto dell'aria si rapprendono, si consolidano e danno così origine ad una rozza *candela*, che sebbene di forme grossolane riesca tuttavia molto più comoda delle lampade ad olio per la maggior facilità che si ha di con-

(1) La cera fonde alla temperatura di + 70° C.
Il sego + 55° C.

servare e trasportare le sostanze solide in confronto dei liquidi. Le prime candele di cera, in ragione del loro alto prezzo, furono considerate come oggetto di gran lusso; esse incominciarono a diffondersi solo nel quindicesimo secolo. Ai nostri giorni, grazie ai grandi progressi della chimica, la cera fu vantaggiosamente sostituita dall'acido stearico che è sego chimicamente purificato, e siccome l'acido stearico fonde meno facilmente (1) del sego così si hanno candele che pur diffondendo vivissima luce riescono molto più economiche di quelle di cera e molto più decenti di quelle di sego, le quali, come è ben noto, sgocciolano assai facilmente in causa della mite temperatura che basta a liquefare il sego.



Fig. 245 FABBRICAZIONE DELLE CANDELE AD EFFUSIONE.

Le lampade ad olio con lucignolo pieno ricevettero forme svariatissime ed elegantissime, ma non subirono, per lungo corso di secoli, il più lieve perfezionamento, la forma variava ma il principio rimaneva lo stesso; tanto i più ricchi palazzi quanto i più umili tuguri venivano rischiarati con quell'unico sistema (fig. 247) il quale dà una fiamma fuliginosa che spande scarsa luce e moltissimo fumo che depositandosi sui corpi circostanti, li annerisce in brevissimo tempo.

In onta ai grandi progressi che, dopo il medio evo, si ebbero nelle arti e nelle scienze l'illuminazione rimase stazionaria; Galileo, Keplero e Newton, durante i loro assidui studi notturni, dovettero adoperare lampade ben poco diverse

(1) L'acido stearico fonde alla temperatura di $+ 70^{\circ}$ C.

da quelle usate nell'antichità da Pitagora, da Tolomeo, da Archimede.

La storia dell'illuminazione non registra alcun perfezionamento fino al 1780 nel qual anno il fisico ginevrino Ami Argand (1) espose pubblicamente un primo modello di lampada di sua invenzione.

Analizzando la costituzione fisica e le proprietà della fiamma, Argand aveva riconosciuto che la fiamma è un gas reso luminoso dall'elevata sua temperatura; egli aveva notato il fatto importantissimo che, in un getto di gas infiammabile, le parti esterne soltanto, ossia quelle che si trovano in immediato contatto con l'aria circostante, prendono parte alla combustione, mentre le parti interne subiscono lievissimo riscaldamento, come facilmente si può convincersene attraversando con un pezzo di carta il centro d'una fiamma

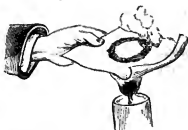


Fig. 249. DIVERSITÀ DI TEMPERATURA FRA IL CENTRO ED IL CORTORIO D'UNA FIAMMA.

tranquilla (figura 249), la carta abbrucia rapidamente nei punti toccati dal cortorio della fiamma e rimane, per alcuni istanti, incolume nei punti che corrispondono al centro; perciò non tutta la fiamma giova egualmente nell'illuminazione, la parte centrale, che non è lambita dall'aria, non spande alcuna luce. Argand comprese che la scarsa luce e la molta fuliggine prodotta dalle lampade a lucignolo pieno, dipende dalla mancanza di sufficienti punti di contatto fra la superficie della fiamma e l'aria circostante, e pensò quindi di aumentare codesto contatto fabbricando il lucignolo con un tessuto di cotone in forma di tubo entro al quale l'aria può circolare liberamente, così questa lambisce anche l'interno della fiamma e la combustione dell'olio risulta completa. Il lucignolo cavo è mantenuto fra due tubi cilindrici e concentrici di lamiera di ferro, il lucignolo può essere più o meno sollevato fuor dai tubi mercè un bottone cui è ap-

(1) AMI ARGAND nacque a Ginevra il 5 luglio 1733, morì in patria il 11 ottobre 1803.

plicato un rocchetto dentato, i denti di questo rocchetto ingranano in quelli d'un'asta dentata, da questa staccasi orizzontalmente un anello che sorregge il lucignolo. L'olio giunge nello spazio anulare interposto fra i due tubi di lamiera e così il lucignolo se ne imbeve; accostando un corpo acceso alla sommità del lucignolo si ottiene una fiamma conica lambita dall'aria tanto alla sua superficie interna quanto alla sua superficie esterna. Grazie a questo perfezionamento la fiamma riesci infatti più splendente e meno fumosa, tuttavia un po' di fumo c'era ancora, il che fu giustamente interpretato da Argand come prova dell'insufficienza dell'aria ad abbruciare tutto l'olio, ei si propose quindi di attivare artificialmente una viva corrente d'aria intorno alla fiamma, a tal fine la circondò con un tubo o caminetto di vetro aperto alle due estremità; l'aria fredda penetra per l'apertura inferiore, si

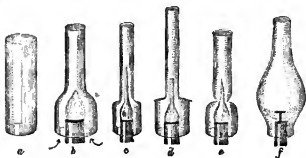


Fig. 250. CAMINETTI O TUBI DI VETRO.

riscalda a contatto della fiamma e perciò si dilata, sale quindi rapidamente ed esce subito dopo, dall'estremità superiore mentre nuova aria fredda si precipita per l'imboccatura inferiore del caminetto ed occupa il posto lasciato vuoto dall'aria già uscita. Questo giuoco, che continua finchè la fiamma rimane accesa, fa sì che in uno stesso tempo la fiamma è lambita da quantità d'aria molto maggiore di quella che si avrebbe senza l'impiego del caminetto; riesce quindi maggiore la quantità d'ossigeno (elemento dell'aria che, come è ben noto, favorisce la combustione) che può combinarsi con la fiamma, e l'olio abbrucia completamente. Per la duplice corrente che vivifica la fiamma delle lampade inventate da Argand queste son note anche col nome di *lampade a doppia corrente*.

La forma del tubo o caminetto di vetro (fig. 250) ha non poca influenza nell'intensità e direzione

della corrente e siccome importa che quest'ultima lambisca ogni punto della fiamma così riesce opportuno conformare il caminetto in maniera che l'intento sia pienamente raggiunto, perciò in luogo di tubi cilindrici (a) si impiegano di preferenza tubi con una strozzatura (c) in corrispondenza alla sommità della fiamma, la strozzatura obbliga la corrente d'aria a convergere verso la fiamma e così la combustione riesce completa.

Un costruttore che rese altri importanti servizi alle scienze, Wiessnegg, ebbe la felice idea di render mobile, nel senso dell'altezza, il sostegno nel quale s'introduce il tubo di vetro, così quest'ultimo può essere innalzato od abbassato a norma del bisogno; con pochi tentativi si riconosce quale sia la posizione del tubo che più conviene ad una data altezza di lucignuolo, e così si ottiene una perfetta combustione ed una luce vivissima.

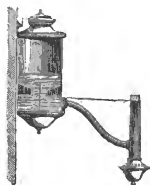


Fig. 251. LAMPADA D'ARGAND A SERBATOIO SUPERIORE.

Nelle lampade costrutte da Argand il serbatoio dell'olio trovasi superiormente e di fianco al lucignolo, come scorgesi nella figura 251. Questo serbatoio vuol essere riempito d'olio, poscia lo si introduce con la bocca rivolta all'ingiù (apposita valvola impedisce che durante il capovolgimento l'olio esca dal serbatoio) entro ad un recipiente fissato lateralmente alla lampada; da allora l'olio esce dal serbatoio con velocità sensibilmente uniforme e percorrendo un tubo che si stacca dal fondo del recipiente giunge nella capacità anulare contenente il lucignolo. Questa disposizione si fonda sull'invenzione — ideata dal fisico Mariotte (1) — descritta nei trattati di fisica

(1) L'Esopo MARIOTTE, uno dei primi ed inreduire in Francia lo studio della fisica sperimentale, nacque nelle vicinanze di Dijon in epoca ignota; confermò sperimentalmente la teoria del movimento dei corpi e quella dell'idrostatica proposte da Galileo; morì il 12 maggio 1684.

col nome di *vaso di Mariotte* o ad *efflusso costante*. Finchè il serbatoio non rimane completamente vuoto, l'olio si mantiene ad un livello sensibilmente costante — indicato nella figura dalla linea orizzontale corrispondente alla sommità del lucignolo.

Questo sistema dà luogo a duplice inconveniente: il serbatoio dell'olio, dovendo trovarsi al di sopra del lucignolo, produce inevitabilmente un'ombra, perciò parte dell'ambiente che si vorrebbe illuminare con questa lucerna, rimane necessariamente oscura, inoltre ogni più lieve movimento impresso alle lampada fa deviare dall'orizzontale la linea — ideale — che congiunge il livello dell'olio con la sommità del lucignolo, perciò quest'ultimo riceve quantità d'olio o troppo, o troppo poco abbondante, nel primo caso parte del liquido esce dalla capacità anulare che racchiude il lucignolo e si versa al di fuori, nel secondo caso l'illuminazione riesce difettosa.

Per eliminare questi inconvenienti si fecero dai costruttori non pochi tentativi; questi fruttarono l'invenzione d'un nuovo sistema di lucerna il quale — dal nome dell'orologiaio parigino (1) che le imaginò nel 1800 — è detto *alla Carcel*.

Il serbatoio dell'olio trovasi alla parte inferiore della lucerna, e quindi non vi ha più alcun oggetto che produca ombra di fianco alla fiamma. Per far salire l'olio fino al lucignolo, Carcel impiegò una piccola pompa premante mossa da un meccanismo d'orologeria; una chiave opportunamente disposta serve a tendere la molla motrice di questo meccanismo. Il movimento della pompa fa salire sino al lucignolo quantità d'olio ben maggiore di quella realmente richiesta dall'alimentazione della fiamma, tuttavia non ne va perduta neppure una goccia, poichè tutto l'olio esuberante ricade, goccia a goccia, nel sottostante serbatoio donde viene poi di bel nuovo aspirato dalla pompa. Grazie all'abbondante quantità d'olio che circola continuamente nel beccuccio di lamiera — dal quale si aprigiona la fiamma — esso è costantemente mantenuto a temperatura relativamente bassa e quindi l'olio in esso contenuto non si riscalda eccessivamente come avviene nelle lucerne ordinarie; in queste il beccuccio e quindi anche l'olio contenutovi si riscaldano notevolmente in causa della vicinanza della fiamma, un viene che

parte del liquido passa allo stato di vapore senza neppure attraversare la fiamma, il che reca duplice inconveniente: l'olio va a perdersi nell'aria senza puoto giovare all'illuminazione e si spande all'ingiro un odore acre ed irritante.

Sebbene la lucerna Carcel, che usasi anco al presente, nulla lasci a desiderare quanto a perfezione di meccanismo, pure essendo d'un prezzo elevato a causa del movimento d'orologeria che la fa agire, non è molto diffusa; lo sono invece, altre lucerne fondate sopra un sistema consimile a quello ideato da Carcel, ma che presentano minori difficoltà di costruzione, e perciò si possono avere con spesa molto minore.

Anche nelle *lucerne a moderatore*, che così son chiamate, il serbatoio dell'olio occupa la parte inferiore ed è formato da un recipiente cilindrico nel quale può scorrere a dolce sfregamento uno stantuffo di metallo ricoperto da un ampio disco di cuoio; il contorno di questo disco è ripiegato all'ingù e lamba la superficie interna del recipiente cilindrico; la capacità che rimane fra la faccia superiore dello stantuffo e la sommità del recipiente è occupata da una molla d'acciaio a spire ineguali, un estremo della molla è fissato alla sommità del recipiente, mentre l'altro è fissato alla superficie superiore dello stantuffo. La molla rimane quindi tanto maggiormente compressa quanto più alto trovasi lo stantuffo; dalla faccia superiore di quest'ultimo s'innalza un'asta dentata i denti della quale ingranano in quelli d'un rocchetto al quale si può imprimere — mercò apposita chiave, visibile sulla sinistra della figura 232 — un opportuno movimento di rotazione; in tal modo si può gradatamente sollevare l'asta e quindi anche lo stantuffo, e così la molla spirale rimane necessariamente compressa. Avvertiamo inoltre che lo stantuffo è forato da parte a parte e che in questo foro è introdotto — a tenuta d'olio — un tubetto cilindrico che giunge fino al beccuccio contenente il lucignolo.

Osserviamo ora cosa avviene quando la lucerna trovasi nella condizione rappresentata dalla fig. 232: la molla spirale, grazie alla naturale sua elasticità, è molto allentata, il recipiente è quasi vuoto d'olio; in tale stato di cose è mestieri anzitutto introdurre nuovo olio nella lucerna, il che si effettua versandolo dall'alto nella capacità superiore del recipiente cilindrico, poscia si gira la chiave — fissata sul rocchetto che comanda l'asta dentata — e così si solleva gradatamente lo stan-

(1) GIOSEPH CARCEL nacque a Parigi l'11 novembre 1750, morì il 12 novembre 1825.

tuffo e si tende la molla; lo stantuffo sollevandosi lascia il vuoto dietro a sè, perciò il cuoio che ricopre lo stantuffo non è menomamente premuto dal sotto in su, mentre invece è energicamente premuto, nell'opposta direzione, e dall'aria atmosferica e dall'olio testè introdotto nel recipiente; perciò il contorno del disco cedendo alla pressione suddetta si piega e lascia cadere tutto l'olio nella capacità sottostante allo stantuffo. Ora la molla è ben compressa, lo stantuffo occupa il punto più alto della sua corsa e tutta la capacità sottostante è piena d'olio; ma la molla, per la sua naturale elasticità vuol rioccupare la posizione primitiva e perciò spinge dall'alto al basso

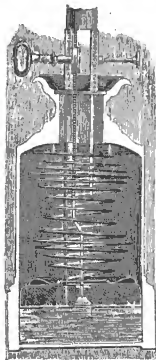


Fig. 252. LAMPADA A MODERATORE.

Fig. 253. AGO MODERATORE
E TUBO D'ASCENSIONE.

la sommità dello stantuffo; questo preme allora alla sua volta sull'olio sottostante, l'olio così premuto non può sfuggire per la sottile fessura circolare che corre fra la superficie interna del recipiente ed il disco di cuoio, poichè quest'ultimo funziona come una valvola che cede bensì alla pressione dall'alto al basso ma non a quella che si esercita in opposta direzione; l'olio premuto, non avendo altra uscita, è costretto ad ascendere su pel tubetto che, come abbiamo già avvertito, mette capo nello spazio anulare contenente il lucignolo, ascende in esso, alimenta la fiamma; il liquido esuberante discende continuamente lungo

le pareti esterne del beccuccio e cade goccia a goccia nel sottostante serbatoio; di mano in mano che lo stantuffo si abbassa, l'elasticità della molla diminuisce e in pari tempo aumenta l'altezza a cui l'olio dev'essere innalzato. Entrambe queste cause contribuiscono a diminuire progressivamente la forza che deve spingere l'olio fino al lucignolo e quindi ad affievolire il potere illuminante della lucerna. Si rimedia a tale inconveniente mediante l'ingegnosa disposizione di cui ora parleremo, che serve a *moderare* la salita dell'olio e che diede il nome a questo sistema di lucerna.

Il tubo d'ascensione — rappresentato in grandi dimensioni nella figura 253 — continuamente percorso dall'olio che va al lucignolo, si compone di due porzioni sovrapposte indipendenti l'una dall'altra; la porzione inferiore è fissata sullo stantuffo, ne accompagna quindi i movimenti, la porzione superiore è fissata al beccuccio contenente il lucignolo; la prima, avente diametro alquanto più piccolo della seconda, può scorrere come in una guaina entro alla porzione superiore; un lungo ago metallico fissato anch'esso al beccuccio penetra nel tubo d'ascensione e — quando la molla è ben tesa — giunge fin presso allo stantuffo, attraversa quindi ancora la porzione inferiore del tubo d'ascensione, la quale — quando la molla è tesa — occupa, in altezza, tutta la porzione superiore. Perciò, nei primi istanti, l'olio che dal serbatoio ascende al beccuccio può appena passare nel ristretto spazio anulare che rimane fra il contorno dell'ago e le pareti della porzione inferiore del tubo d'ascensione; ma di mano in mano che lo stantuffo, spinto dalla molla, va discendendo, la porzione inferiore del tubo ascensionale esce dalla superiore e quindi si libera, gradatamente, dall'ago; l'ostacolo, proveniente dalla presenza dell'ago nell'interno della porzione inferiore del tubo ascensionale, (la quale, rammentiamolo, ha diametro minore dell'altra), va gradatamente diminuendo e così, mentre diminuisce la forza ascensionale, diminuisce pure l'influenza dell'ostacolo artificiale che impediva l'affluire dell'olio in quantità esuberante; assegnando convenienti dimensioni ai tubi ed all'ago si può far sì che le due diminuzioni si compensino e così si ottiene la necessaria uniformità nell'ascensione dell'olio, uniformità indispensabile per mantenere pressochè invariabile l'intensità della fiamma illuminante.

II.

Le sorgenti d'aria infiammabile, e gli adoratori del fuoco. — Osservazioni di Shirley, Lowther e Clayton nella miniera di carbon fossile. — Sperimenti e ricerche contemporanee di Lebon e di Murdoch. — La *termolampada* e l'illuminazione del palazzo Seignelay; estrazione industriale del gas nella foresta di Rouvray; morte di Lebon. — Murdoch si associa a Watt ed illumina l'officina di Soho. — Illuminazione d'altri stabilimenti industriali effettuata da Clegg.

Fino da tempi antichissimi, gli uomini osservarono che in alcune località la Terra lascia sfuggire sostanze aeriformi che a contatto di una fiamma si accendono spandendo intorno luce e calorico. Questa sostanza, che gli antichi chiamarono col nome generico di *aria infiammabile* sono del tutto simili al gas — scientificamente detto *idrogeno bicarbonato* — che l'industria umana fabbrica attualmente in sì gran copia per l'illuminazione.

L'aria infiammabile si sprigiona naturalmente dalle terre o dai crepacci delle rocce quando il sottosuolo contiene sostanze bituminose che — per speciali condizioni geologiche — trovansi soggette ad un intenso riscaldamento.

L'Italia presenta sorgenti d'aria infiammabile a Maccaluba presso Girgenti in Sicilia; a Pietramala, sul vertice dell'Appennino tra Bologna e Firenze; nei contorni di Rioli nell'Imolese; presso San Martino in Pedriolo sul confine dell'Imolese e del Bolognese; presso i bagni della Porretta nell'alto Appennino; a Sassuolo, a Querciola verso il centro della catena degli Appennini; a Barigazzo, località celebre per gli esperimenti fatti, sul finire dello scorso secolo, dall'insigne naturalista Spallanzani per studiare la natura di quei fuochi.

In altri luoghi della Terra vi sono getti d'aria infiammabile ancor più copiosi ed imponenti; la località per questo riguardo più celebre o nota è la pianura di Atesh-Gah, al Nord della città di Baskù, porto persiano sul mar Caspio; là il gas infiammabile sorge non solo dalla terra ma anche dal mare, a qualche distanza dalla spiaggia; producendo l'effetto in sommo grado pittoresco dello accendersi repentino e bruciare di un gran tratto alla superficie del mare, appena vi si accostano fiamme.

Fin da remotissimo tempo, astuti sacerdoti mantengono costantemente accesi alcuni getti di quell'aria infiammabile; le credule popolazioni — vedendo le fiamme senza poter scorgere sostanza alcuna che le alimenti — prestano fede ai racconti sacerdotali, considerano ed adorano quelle fiamme come *fuochi sacri*. Gli adoratori del fuoco

che non sono in grado di imprendere un pellegrinaggio a Baskù comperano a caro prezzo da quei sacerdoti vasti ripieni d'aria infiammabile; i quali — quando sono ben chiusi — possono essere spediti anche a grandi distanze senza che il gas vada perduto, e così i fedeli, aprendo il vaso ed accostandovi tosto una fiamma possono per alcuni istanti adorare il sacro fuoco.

Nella pianura di Atesh-Gah (che significa *la casa del fuoco*) il terreno è talmente carico di vapori infiammabili che basta praticarvi un foro poco profondo per averne un abbondante getto di gas che, a contatto d'un corpo acceso, si fa fiamma spandendo viva luce azzurrognola ed odore sulfureo. Gli abitanti del luogo utilizzano questi getti di gas negli usi domestici, cucinano con esso i loro cibi, ne traggono una splendida illuminazione notturna. Per quanto ampio sia il foro praticato nel terreno, la fiamma riesce altrettanto ampia, però la fiamma sale tanto più e riesce tanto più intensa quanto più il foro è ristretto. Per rischiare gli oggetti posti a qualche altezza dal suolo, gli abitanti piantano in esso delle canne palustri, queste essendo cave internamente, funzionano come tubi, l'aria infiammabile — meno pesante dell'aria atmosferica — giunge alla loro sommità; basta accostare a quest'ultima un corpo acceso per ottenere tosto una bella fiamma alta 0.^m 15 che arde con luce splendente ed uniforme. — Con similante artificio è costruito, ad Atesh-Gah, il *temple del fuoco* (fig. 254); l'aria infiammabile, fatta salire su per vano dei muri, nelle torri, presenta — quando è accesa — uno spettacolo unico al mondo.

L'aria infiammabile si sprigiona pure in gran copia dai terreni carboniferi dell'Inghilterra, e fu in questo paese che quest'aria venne prima che altrove, scientificamente studiata. Nelle *Transazioni filosofiche di Londra* del giugno 1667, trovasi una particolareggiata descrizione d'un'ispezione fatta nel febbraio 1650 da Tommaso Shirley ad un pozzo, nel Lancashire, ove l'aria infiammabile accostando un lume acceso ad una fessura.

Nel 1733 sir James Lowther comunicò alla

Società reale di Londra una nota intorno all'aria umida che sfuggiva dal pozzo d'una miniera di carbon fossile presso a Whitehaven. Raggiunta, con l'escavazione, la profondità di 76 metri circa,

gli operai non trovarono acqua, furono invece sorpresi da una corrente d'aria che si infiammò alla lucerna che li rischiarava; gli operai riesirono a spegnere la fiamma, stabilirono poscia un



Fig. 251. TEMPO DEL FUOCO AD ATENEG-GIN, PRESSO DIAD'.]

lungo tubo per condurre l'aria infiammabile fuori del pozzo; questa continuò ad uscire dal tubo, senza mai diminuire nè in forza nè in quantità durante i due anni che trascorsero dal giorno

della scoperta fino all'epoca in cui Lowther ne diede comunicazione alla Società reale.

Il dottore irlandese John Clayton osservò consimile fenomeno nella miniera di Wigan nel

Lancashire; accostando un corpo acceso ad alcuni crepacci del carbon fossile compariva tosto una fiamma; istituì allora una serie d'esperienze — descritte nelle *Transactions filosofiche del 1739* — per studiare questo fenomeno.

« Presi, dice Clayton, un po' di quel carbone e lo distillai in un lambiccio riscaldato al fuoco vivo; ne ottenni subito dell'acqua, poscia un olio nero e per ultimo uno *spirito* che non mi fu dato di condensare; esso fuggiva con forza dalla giuntura del lambiccio. Avvicinandomi casualmente con una candela accesa, lo *spirito* prese fuoco e continuò ad ardere; potei aspergerlo e riaccederlo a più riprese. Ne introdussi una certa quantità in un recipiente terminato da un lungo tubo, avvicinai la candela accesa alla bocca del tubo, mentre lo *spirito* ne usciva, questi prese fuoco e continuò ad ardere alla bocca del tubo sebbene non si potesse scorgere cosa alimentasse la fiamma. La spensi e la riaccesi parecchie volte; applicai quindi alla bocca del tubo una vescicella vuota; l'acqua e l'olio si depositarono sulle pareti del tubo mentre lo *spirito* gonfiò in breve la vescicella. Successivamente potei riempierla parecchie, ed avrei potuto riempierne moltissime poiché lo *spirito* continuò ad uscirne dal tubo per più ore di seguito — esso empiva le vescicelle tanto presto quanto avrebbe potuto farlo un uomo soffiandovi con la bocca; eppure la quantità di carbone distillata era ben poca. Conservai lo *spirito* nelle vescicelle per lungo tempo e lentai lavano, in vari modi, di condensarlo; quando volevo d'vertire qualche amico prendevo una di quelle vescicelle, le foravo con un ago e comprimendola leggermente in faccia alla fiamma d'una candela, ottenevo un getto di *spirito* che prendeva fuoco e continuava ad ardere finché la vescicella era interamente vuota; il che sorprende tutti gli spettatori, poiché non si scorgeva alcuna differenza fra queste vescicelle e quelle che contenevano aria ordinaria. »

Come il lettore avrà già compreso, lo *spirito* ottenuto da Clayton, distillando il carbon fossile era precisamente gas illuminante, l'olio nero che depositavasi sulle pareti del tubo era catrame che è altro dei prodotti che si hanno dalla distillazione di quel minerale.

Nel lungo periodo che trascorse dal 1739 al 1792 furono fatte numerose sperienze sull'aria infiammabile, naturale ed artificiale, principalmente come curiosità scientifiche; a poco e poco la produzione del gas di carbon fossile e l'esame delle sue proprietà era diventata un'esperienza comunissima nei laboratori, tuttavia nessuno pensava a trarne partito.

Francia e Inghilterra si disputano il vanto d'essere state la culla dell'illuminazione a gas; la prima ne attribuisce il merito all'ingegnere Filippo Lebon (1) la seconda lo riserva a Guglielmo Murdoch.

« Non è da stupirsi — osserva giustamente il signor Clegg (1) — se due persone lontane l'una dall'altra e senza conoscersi, mirano entrambe allo stesso scopo, inventano gli stessi apparati e giungono ai medesimi risultati. Questo è anzi un fatto talmente frequente negli annali della scienza che si potrebbe incontrarlo ogniqualvolta un'invenzione realmente nuova ed importante viene in luce. »

Nel caso concreto riesce impossibile fissare la data precisa in cui i due inventori iniziarono le loro ricerche sull'impiego industriale del gas di carbon fossile. È ignota l'epoca in cui Murdoch incominciò le sue esperienze relative alla distillazione della torba, del legno, del carbon fossile e d'altre sostanze infiammabili, ma è certo che nel 1792 si fabbricava già il gas con un apparecchio di sue invenzione e ne illuminava la propria dimora, a Redruth in Cornovaglia. Non contento di ciò, si meravigliò tutto il vicinato applicando il gas illuminante ad un piccolo carro a vapore col quale si recava alle sue miniere — poste a molta distanza dalla sua abitazione — della direzione delle quali egli occupavasi personalmente. Qualche tempo dopo Murdoch partì per la Scozia, continuò colà le sue esperienze; nel 1797 illuminò a gas la sua proprietà a Old-Cannock nell'Ayrshire, come già cinque anni prima aveva fatto in Cornovaglia.

« Quanto a Lebon sembra (2) che nel 1791 egli incominciasse a riflettere sulla possibilità di estrarre dal legno — assoggettato alla calcinazione in un vaso chiuso — un gas atto a servire tanto all'illuminazione quanto al riscaldamento. Un giorno, studiando le proprietà del fumo gli venne in mente di rinchiudere della segatura di legno entro un vaso di terra a bocca stretta e di esporlo quindi nei carboni ardenti; della stretta apertura uscì in breve un denso fumo che infiammavasi non appena gli si appressava un corpo acceso. Questo fenomeno non era forse ignoto ai chimici, tuttavia non era stato peranco studiato dal punto di vista delle possibili applicazioni.

« Il gas che si svolge del legno calcinato è accompagnato da neri vapori; il suo odore empireumatico annuncia la presenza di sostanze oleose e resinose, perciò volendolo impiegare

(1) FILIPPO LEBON, de son già menzionato altrove (Vol. II, pag. 177), nacque a Brachay, presso a Fontenille (Alta Marna) il 19 maggio 1767, morì a Parigi il 5 dicembre 1864.

(1) *Traité pratique de la fabrication et de la distribution du gaz d'éclairage et de chauffage par Soudes, Curon*, traduit de l'anglais et associé par E. Soudes, Paris, Lecroix 1860, pag. 12.

(2) FROSTEN, Op. cit. Tom. IV, pag. 160.

per l'illuminazione è mestieri separarlo da queste sostanze estranee. A tal fine Lebon applicò un lungo tubo alla bocca del vaso da cui svolgevasi il gas ed obbligò il tubo ad attraversare un recipiente pieno d'acqua fredda; questa condensava i vapori acidi e le sostanze bituminose ed il gas usciva purificato dal tubo. — Ei riconobbe poscia la possibilità d'ottenere gas illuminante anche ricorrendo ad altri combustibili e comprese che questo gas avrebbe potuto servire anche come mezzo di riscaldamento. Ei ravvisò pure i vantaggi che dal punto di vista industriale, dovevasi ricavare dal catrame e dall'acido pirolegnoso che sono i prodotti subalterni della distillazione del legno.

« Lebon continuò assiduamente le iniziate sperienze: costruì una fornace di mattoni, riempita di legna, la chiuse lasciando solo un piccolo pertugio al quale adattò un tubo ed accese un vivo fuoco sotto alla fornace. Il tubo giungeva in un bacino pieno d'acqua. Sotto l'influenza del calorico, il legno contenuto nella fornace si carbonizzava; i vapori ed i gas provenienti dalla decomposizione del legno percorrevano il tubo sulle cui pareti, costantemente raffreddate dall'acqua, depositavansi il catrame e l'acido pirolegnoso, mentre il gas usciva — alquanto purificato — dalla bocca del tubo; accostando a questa una fiamma, il gas si accendeva spendendo vivissima luce. »

Nel 1798, stimando sufficientemente complete le fatte sperienze, Lebon le raccolse in una memoria ch'ei lesse all'Istituto delle scienze, a Parigi; l'anno seguente chiese un brevetto che gli fu accordato il 6 vendemmiaire dell'anno VIII (28 settembre 1799). nella descrizione che accompagnò il brevetto, l'inventore dichiara che distillando legno si ottiene « gas idrogeno più o « meno puro a seconda dei mezzi impiegati per « purificarlo dagli acidi, dall'olio e da vari prodotti analoghi ai combustibili che riduconsi in « carbone. » Lebon proponevasi doppio scopo: l'illuminazione ed il riscaldamento, perciò diede al suo apparato il nome di *termolampada*; questa era una cassa metallica sormontata da un tubo; introdotto il legname nella cassa, la si chiudeva accuratamente e la si esponeva a vivo fuoco: il legname decomponendosi, i gas infiammabili, le materie empiumatiche e l'acqua, — allo stato di vapori — salivano nel tubo, nella cassa rimaneva carbon di legna. Lebon proponevasi di uti-

lizzare il gas per illuminare gli appartamenti ed il forte calore della cassa metallica per riscaldarli.

Il 30 novembre 1799 Lebon propose al governo di costruire un grande apparecchio di questo genere per riscaldamento e l'illuminazione pubblica; ma questa proposta non fu accettata. Costretto a calcolare unicamente sulle proprie forze e pur volendo convincere il pubblico della realtà e dell'importanza dell'ideale invenzione, Lebon scrisse e diramò nell'agosto 1801 una memoria intitolata *Termolampade o stufe che riscaldano ed illuminano economicamente, danno parecchi importanti prodotti ed una forza motrice applicabile ad ogni genere di macchine*, nella quale ei passa in rassegna i vantaggi che presagiva dall'impiego del gas infiammabile ottenuto dalla distillazione del legno.

« Questo principio aeriforme, dice Lebon nella memoria summenzionata, è privo di quei vapori un di tanto nocivi e sgraditi agli organi della vista e dell'odorato, di quel nero fumo che offusca gli appartamenti. Purificato fino alla più perfetta trasparenza, divien freddo come l'aria e può essere diretto dove si vuole, mercé tubi anche sottilissimi che possono rimanere nascosti negli intonachi dei soffitti e delle pareti delle stanze.

« . . . Una sola termolampada basterebbe per una casa intera; il gas infiammabile condotto dai tubi sarebbe ovunque pronto a spandere immediatamente luce e calore più o meno intenso, come meglio si desidera; in un batter d'occhio si può far passare la fiamma da una stanza all'altra, comodità ed economia che non si potrà mai ottenere dalle stufe e dai camini ordinarli. Non si avranno scintille, non si avranno carboni, non si avrà la pericolosa fuliggine; nell'interno degli appartamenti non si avranno più né legna né cenere che fino ad ora incombravano ed insudiciavano le stanze. Potrete riscaldare al di giorno come di notte senza che alcun domestico sia obbligato ad entrarvi per accendere e sorvegliare il fuoco. Neppure la più piccola porzione d'aria infiammabile può sfuggire alla combustione, mentre dai caminetti attuali sfuggono e vanno perduti interi torrenti d'aria calda. . . La fiamma prodotta dalla termolampada può ricevere qualivoglia forma: può discendere da un soffitto a guisa d'un calice di fiori e spandere sulle nostre teste una luce che non è mascherata da alcun sostegno, né interdetta da lucignolo. Il di lei colore, naturalmente bianchissimo, potrebbe anche variare e divenir rosso, azzurro, giallo; così questi colori che talvolta ci appaiono casualmente nei nostri caminetti potranno invece comparire a nostro talento, mercé l'arte ed il calcolo. . . .

« Chi potrebbe ripudiare una fiamma tanto compiacente? Essa cuocerà i vostri cibi, né questi né i vostri cuochi si troveranno esposti alle nochie esalazioni del carbone; essa riscalderà quegli stessi cibi sul vostro tavolo, seccerà la biancheria, riscalderà i bagni, il ranno, il forno, presentando ogni desiderabile economia. Non sarete incomodati da ceneri, da brage, non avrete a subire alcuna perdita di calore; non appena cesserà il bisogno d'adoptare una fiamma, chiuderete l'apertura del tubo ed il calore rimarrà imprigionato. »

Per meglio convincere il pubblico Lebon prese a pigione il palazzo Seignelay nelle vie San Domenico e San Germano, a Parigi, stabilì in esso una termolampada che distribuiva luce e calore nei grandi appartamenti, nelle corti, nel giardino; il pubblico accorse in gran folla ad ammirare la singolare illuminazione ma ne rimase ben poco soddisfatto, il gas ottenuto dalla termolampada era molto impuro; le singole fiammelle spandevano odore nauseante. La gran maggioranza dei visitatori — giudicando dalla prima impressione — dichiarava che quel sistema d'illuminazione non era praticabile, che conveniva considerarlo come un'esperienza brillante, un tentativo ingegnoso e nulla più.

Tuttavia Lebon non si scoraggiò, continuò anzi a dedicarsi col massimo ardore, al perfezionamento della sua invenzione, e, ilusingavasi che i prodotti secondari della distillazione, vale a dire il catrame e l'acido piroleghoso, avrebbero — congiuntamente alla produzione del gas infiammabile — assicurato il buon esito dell'impresa. Chiese ed ottenne dal governo la concessione della foresta di pini di Rouvray presso all'Havre, allo scopo di ritrarre da quegli alberi, mercè la distillazione, abbondante quantità di catrame. La concessione gli fu accordata nel settembre 1803 a patto ch'ei riuscisse a produrre cinque quintali di catrame al giorno. — Lebon si mise tosto all'opera, piantò nel mezzo della foresta grandi apparecchi per la distillazione, i quali poterono in breve somministrare alla marina rilevanti quantità di catrame. Lo stabilimento fu visitato dai principi russi Galitzin e Dolgorowski i quali, apprezzando l'invenzione di Lebon, gli proposero, in nome del loro governo, di trasferirsi in Russia per esercitarvi colà, col nuovo metodo, l'importante industria dell'estrazione del catrame dalle piante resinose; lasciavano a lui la scelta delle condizioni. Aderendo avrebbe potuto conseguire una brillante posizione, tuttavia il suo patriottismo non gli permise di accettare quelle lusinghiere proposte. Lebon rispose che la sua invenzione apparteneva alla Francia e che questa soltanto avrebbe tratto profitto dal frutto delle perseveranti sue ricerche.

Sembrava che la fortuna, che per tanti anni eragli stata nemica, volesse finalmente sorridergli, ma una morte crudele troncò nel nascere le liete speranze; nella notte del 2 dicembre 1804, mentre attraversava i Campi Elisi — che a quel tempo

erano completamente deserti — Lebon, aggredito da un assassino, cadde morto per tredici ferite. Nessuno riescì mai a scoprire né le cause né le circostanze che accompagnarono l'orrendo misfatto.

Lebon aveva speso tutto il suo patrimonio nella lunga serie di tentativi e d'esperienze, all'annuncio della di lui morte un socio infedele si impossessò dei guadagni già ottenuti dalla fabbricazione del catrame nella foresta di Rouvray; l'infelice vedova rimasta priva di mezzi chiese l'appoggio governativo per proseguire nell'industria fondata dal marito; dopo maturo esame l'istanza fu rigettata. Solo sul cadere del 1811 il governo le accordò una pensione vitalizia di 1200 franchi perchè — dice il decreto — *vedova del signor Lebon, inventore della termolampada*. L'infelice vedova poté goderne ben poco: la morte la rapì nel 1813 e la termolampada cadde nell'oblio.

Frattanto Murdoch aveva proseguito nelle iniziate sperienze; nel 1798 erasi associato a James Watt — l'immortale inventore della macchina a vapore (1). — Il loro primo incontro è così narrato dal signor Schilling (2):

« Watt che trent'anni prima aveva lavorato con Robinson a Glasgow, come meccanico dell'Università, intorno al problema della locomozione a vapore, udì parlare della vettura a vapore di Murdoch; dal canto suo Murdoch conosceva l'esistenza ed il crescente progresso dell'officina di Watt a Soho, e la giudicò terreno propizio alla pratica applicazione delle sue idee relative all'illuminazione a gas. Per una di quelle singolarissime coincidenze che si incontrano assai più sovente nel romanzo anziché nella vita reale, entrambi, che non eransi peranco conosciuti personalmente, furono reciprocamente spinti a vedersi. Partirono entrambi nello stesso giorno, a mezza via si arrestarono per pernottare e scelsero entrambi lo stesso albergo, là chiaccherando accanto al fuoco senza conoscersi, si raccontarono scambievolmente lo scopo del loro viaggio. Il risultato di questo singolare incontro e dei cordiali rapporti che tosto si stabilirono fra quei due pensatori, fu l'emigrazione di Murdoch che andò a stabilirsi nell'officina di Soho per continuarvi i suoi tentativi, su ampia scala e per introdurvi l'illuminazione a gas. »

In quell'anno Murdoch costruì nell'officina di Bulton, Watt e C. — a Soho, presso Birmingham — un apparato per la produzione del gas di carbon fossile ed illuminò con questo, in via d'esperienza, alcuni locali dell'officina, però parecchie difficoltà impedirono fino al 1803 che il

(1) Vedi Vol. II, pag. 70-91

(2) N. H. SCHILLING, *Handbuch für Steinkohlengasbeleuchtung* München, Oldenburg, 1866.

nuovo sistema di illuminazione vi venisse definitivamente introdotto.

Per dimostrare come a Soho fosse assolutamente ignota l'invenzione di Lebon, il signor Clegg riferisce (1) che uno dei figli di Watt, trovandosi a Parigi, sul cadere del 1801, scrisse di là alla famiglia:

« Se vogliamo trar partito dal sistema d'illuminazione del signor Murdoch, non dobbiamo perder tempo, poiché c'è un francese chiamato Lebon, il quale vuol applicare allo stesso uso il gas proveniente dalla distillazione del legno. »

Nel 1803, costrutti i necessari apparati per cura di Murdoch, l'officina di Soho fu esclusivamente illuminata col gas di carbon fossile. Quei primi

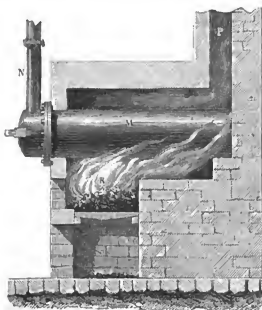


Fig. 255. STORTA PER LA DISTILLAZIONE DEL CARBON FOSSILE NELL'OFFICINA DI SOHO (1803).

apparati — che allora sembravano perfetti — darebbero oggi luogo a molte censure. Una storta cilindrica M (fig. 255) di ferro fuso, ripiena di carbon fossile, veniva collocata orizzontalmente in una fornace R; dalla parte superiore della storta innalzavasi verticalmente un tubo N che terminava in un ampio serbatoio, detto *gasometro* della capacità di circa otto metri cubici; acceso il fuoco nella fornace, il carbon fossile contenuto nella storta subiva una vera distillazione, il gas illuminante e gli altri prodotti volatili di questa distillazione salivano nel tubo verticale

(1) Op. cit. pag. 12.

e quindi andavano a riempire il gasometro senza subire alcuna purificazione; il gas usciva quindi dal gasometro, e, percorrendo tubi di rame saldato, recavasi direttamente nei beccucci.

Quest'esempio fu imitato, nel 1805, nella grande fonderia meccanica di Phillips e Lee, a Salford; gli apparati per l'illuminazione furono costruiti nell'officina Bolton, Watt e C. sotto la direzione di Murdoch. Nello stesso anno, il sig. Clegg, che allora era allievo nella grande officina di Soho, introdusse l'illuminazione a gas nella fonderia di Henry Lodge a Sowerby-Bridge, presso Halifax.

Il gas che rischiava questi stabilimenti giungeva nei beccucci senza aver subita alcuna purificazione: affumicava gli oggetti e spandeva melfiche esalazioni che compromettevano seriamente la salute degli operai, non pochi dei quali, andarono soggetti a violenti emicranie ed irritazioni polmonari. In breve, convenne riconoscere, che per trar partito dal gas, per illuminare con esso locali chiusi, è assolutamente necessario assoggettarlo ad un'energica purificazione. Un primo tentativo in questo senso fu fatto dal sig. Clegg che frattanto era stato incaricato di stabilire un'officina a gas per l'illuminazione dell'opificio Harris a Coventry. Sul fondo della cisterna del gasometro, Clegg fece deporre uno strato di calce spenta, interamente sommersa nell'acqua della cisterna; un agitatore mosso a mano, impediva alla calce di depositarsi e la manteneva continuamente commista all'acqua. Il gas prodottosi nelle storte giungeva nella cisterna del gasometro, attraversando il latte di calce si liberava dall'acido carbonico e dall'idrogeno solforato che combinavansi con la calce; il gas, così purificato, saliva a galla in bollicine e quindi si accumulava nella capacità superiore del gasometro dal quale poi, percorrendo i soliti tubi, giungeva nei beccucci.

Questo sistema corripose, dappprincipio, alle speranze dell'inventore, ma di lì a non molto ei dovette convincersi che la calce impiegata nella purificazione del gas, perde, a poco a poco, la sua attitudine ad assorbire ulteriormente le sostanze infette; per ottenere un gas ben purificato, sarebbe quindi necessario rinnovare assai di frequente lo strato di calce che occupa il fondo della cisterna; operazione che — colle disposizioni adottate a Coventry — riesciva incomodissima. Perciò, quando nel 1807, Clegg fu chiamato ad erigere un'officina per illuminare a gas, il *Collegio*

Cattolico di Stonyhurst, nel Lancashire, dispose fra la storta ed il gasometro un recipiente, che dal suo ufficio ricevette il nome di *depuratore*, nel quale l'acqua di calce poteva essere frequentemente

rinnovata; il gas giungeva dalla storta nel depuratore, attraversava l'acqua di calce in esso contenuta, ne usciva purificato e quindi andava a riempire il gasometro.

III.

Inutili sforzi di Clegg e Murdoch per far trionfare l'illuminazione a gas. — Efficace propaganda di Winsor; sue temerarie asserzioni. — L'inchiesta del 1809 e la perseveranza di Winsor, suo trionfo; costituzione della *Chartered Gas-light and Coke Company*; illuminazione del negozio Ackermann. — L'officina di Peter Street. — Vani timori della Commissione; decisiva esperienza improvvisata da Clegg. — L'illuminazione del ponte di Westminster e l'abbigliamento di Clegg. — Diffusione dell'illuminazione a gas in Inghilterra e Scozia. — Winsor si reca nel 1815 a Parigi; illumina il *Passage des Panoramas*. — Formidabile coalizione degli oppositori. — Diffusione dell'illuminazione a gas sul continente europeo.

Da quanto abbiamo detto nel precedente capitolo ben si comprende che l'industria dell'illuminazione a gas progrediva bensì, ma a passi lenti, l'incomparabile preminenza di questo sistema d'illuminazione, su tutti quelli fino allora conosciuti, non veniva sufficientemente apprezzata, sebbene Clegg e Murdoch non trascurassero studi e fatiche per perfezionarla. Numerosi nemici non le permettevano di diffondersi e di prosperare: i nemici d'ogni progresso e d'ogni innovazione e tutti coloro che, trovandosi direttamente interessati nei sistemi d'illuminazione allora in uso, temevano le funeste conseguenze della concorrenza. Le dimostrazioni scientifiche, i seri ragionamenti, le brillanti esperienze istituite da Clegg e da Murdoch a nulla servivano in faccia alla formidabile falange degli oppositori; tuttavia nel giro di pochi anni questi dovettero battere in ritirata; l'illuminazione a gas si diffuse rapidamente superando le più ardite speranze degli inventori. Questa singolare evoluzione dell'opinione pubblica fu operata da un uomo privo di cognizioni scientifiche, ma pieno di cognizione delle cose del mondo; fu questi il tedesco Winzler, di Zneim, in Moravia, uomo attivo, instancabile nei suoi proponimenti, impudente oltre ogni dire ma dotato di molto ingegno naturale e d'un sgarzo acuto e penetrante.

Winzler trovavasi a Parigi quando l'infelice Lebon eseguiva pubblicamente le già citate esperienze con la *termolampada*, ei ne apprezzò l'immensa importanza; costruì un apparato consimile e percorse successivamente le principali città della Germania, mostrando al pubblico, pagante, la singolare esperienza della distillazione del legno e

della produzione del gas infiammabile. Compiuto, nel 1803, il giro delle grandi città tedesche, Winzler assunse l'anglico nome di Winsor e si recò a Londra; colà sperimentò l'apparato dinanzi al pubblico nel *Lyceum Theatre* e tenne alcune lezioni sul gas; in queste si dimostrava con quanta rapidità e sicurezza si può condurre il gas da un edificio all'altro e come, mercè convenienti disposizioni, si potrebbe ricavarne una luce brillante e priva di fumo. Sviluppando le idee già esposte da Lebon nella citata memoria sulla *termolampada*, Winsor insieleva sull'economia del gas rispetto alle candele ed alle lucerne, dimostrava la sicurezza ch'esso presenta per l'assenza di scintille, faceva notare lo splendore, l'utilità e la bellezza delle fiamme a gas. Frattanto Winsor, avendo udito parlare dell'invenzione di Murdoch, relativa all'estrazione del gas dal carbon fossile, strinse relazione con quest'inventore, partecipò ai di lui lavori e convintosi dell'avvenire che era riservato all'illuminazione a gas, prese in Inghilterra un brevetto d'invenzione e tentò di costituire una società per introdurre il gas illuminante nell'interno delle case.

Come abbiamo già accennato, quest'impresa era ardua assai: gli industriali, già dediti ad altri sistemi d'illuminazione, furono i primi a creargli imbarazzi; i reali pericoli del nuovo sistema, amplisti oltre ogni dire, ed i pericoli immaginari, creati dalla fervida fantasia degli oppositori, correvano di bocca in bocca. L'introduzione del gas era giudicata come continua fonte di gravi pericoli, poichè sarebbe stato mestieri stabilire nel mezzo delle città, grandissimi serbatoi ripieni di gas infiammabilissimo, collocare innanzi le vie, dei condotti sotterranei che dovevano necessaria-

mente estendersi anche nell'interno delle case in presenza di moltissime sostanze incendiabili. E qui non finivano le recriminazioni, poichè a quel tempo, come si è già detto, il gas ricavato dal carbon fossile, presentava ancora parecchi inconvenienti; spandeva fetido odore, intaccava i metalli, abbruciando svolgeva acido solforoso ed infine si sapeva che il gas accidentalmente mescolato con l'aria atmosferica, produce formidabili detonazioni (1), atte persino a compromettere la vita delle persone e la stabilità degli edifici, e non si conosceva alcun mezzo per prevenirle.

Chinque altro, fuori di Winsor, avrebbe indoleggiato, ma egli, ben conoscendo la febbre di speculazioni degli inglesi, a forza d'ardire, di perseveranza, di coraggio, coll'esagerazione delle sue asserzioni e delle sue promesse, riesci nel suo intento. Sono incredibili le temerarie asserzioni, le chimeriche promesse che Winsor lanciava al pubblico. Tuttavia, come giustamente osserva il Clegg (2) « il nome di Winsor è degno di passare alla posterità accanto a quello di Murdoch, questi era un profondo scienziato, quello un impetuoso uomo d'affari; ciascuno dei due ebbe un grave compito, entrambi lo disimpegnarono nel miglior modo. Spetta a Murdoch l'onore dell'invenzione, a Winsor l'onore, ben poco inferiore, d'aver diffusa utilmente la nuova scienza. »

Nel 1804 Winsor pubblicò il programma d'una compagnia nazionale per la luce ed il calore. A chi sottoscriveva un'azione di 100 franchi, Winsor prometteva un reddito annuo di 12450 franchi, anzi, diceva Winsor, il reddito avrebbe probabilmente raggiunto, in epoca più o meno remota, importo decuplo. E siccome taluno esternava il timore che lo sviluppo del sistema d'illuminazione a gas propugnato da Winsor potesse provocare a poco a poco l'esaurimento delle miniere di carbon fossile, così Winsor si affrettò a rassicurare il pubblico, dichiarando che l'arso (coke) residuo della distillazione del carbon fossile, sviluppa, ahhruciando, quantità di calorico doppia di quella che si avrebbe direttamente dal carbon fossile che lo produce.

« Il capitale di 4,250,000 franchi, richiesto da Winsor — così narra il Figulier (3) — fu in

breve coperto; ma questa somma ben lungi dal produrre le rendite favolose promesse da Winsor, fu in breve assorbita tutta quanta da una serie d'esperienze.

« Winsor non si perdettero d'animo. Appoggiato da una commissione di ventisei membri scelti fra i suoi antichi azionisti, nella quale figuravano: banchieri, magistrati, proprietari, un medico, un avvocato, ei seppe sostenersi e riesci ad ottenere dagli azionisti 480000 franchi per continuare le sue sperienze.

« Ma Winsor ben sapeva che per raggiungere l'intento non bastava avere quella somma, e che era per mestieri procurarsi una carta reale (brevetto governativo). Tutti i suoi sforzi furono diretti a questa meta; smanioso di raggiungerla, ei non rifuggì da alcun mezzo.

« Il problema della purificazione del gas era ancor ben lontano dalla sua soluzione; il gas era ancora eccessivamente impuro, la sua funestazione sull'economia animale, era evidentissima. Tuttavia Winsor non esitò a proclamare che il gas idrogeno estratto dal carbon fossile è dotato d'odore agreevolissimo e che ben tungi dal temere le fughe che potrebbero manifestarsi nei tubi conduttori del gas, in un giorno, di là da venire, i consumatori praticerebbero espressamente alcune aperture nei tubi per respirarlo abbondantemente e goderne l'agabile odore. Anzi, diceva Winsor, il gas è un ottimo farmaco, poichè gode, in grado eminente, proprietà sedative contro le irritazioni di petto.

« I medici sperimentati, diceva Winsor, raccomandano di riempire di gas alcuna vasetta e di collocarle sotto il capezzale delle persone affette da malattie polmonari, affinché trasandando lentamente dall'involucro, si mescoli all'aria che respira il paziente e ne corregga la troppa vivacità. »

« Il 1.º marzo 1808, Winsor convocò gli azionisti della sua Compagnia, rese conto del suo operato e della situazione dell'impresa. Non essendogli stata accordata l'autorizzazione d'illuminare le principali piazze di Londra, egli erasi limitato ad illuminare a gas un breve tratto della grande arteria *Pall-Mall*. Annunciò pure che aveva indirizzata al re una memoria nella quale chiedeva a favore della Compagnia, il privilegio esclusivo dell'esercizio dell'illuminazione a gas su tutto il territorio britannico. Nella memoria presentata al re Giorgio III, Winsor prometteva il beneficio del 670 per 100 sui fondi anticipati. Ma

(1) La miscela di un volume di gas illuminante ed 11 volumi d'aria detonava con gran forza qualora aiocchi con un corpo acceso.

(2) Op. cit. pag. 39.

(3) Op. cit. Tom. IV, pag. 115 e seg.

Il re aveva risposto: « che non poteva accordare la *carta* richiestagli se prima il parlamento non avesse pronunciato un *bill* (decreto) che autorizzasse la Compagnia. »

« In conseguenza di ciò la Camera dei Comuni asperse un'inchiesta il 6 maggio 1809. Frattanto Winsor non aveva perduto il suo tempo: grazie all'instancabile sua operosità era riuscito ad ingrossare considerevolmente le file dei partigiani dell'illuminazione a gas; l'opinione pubblica incominciava a piegarsi dalla sua parte.

« Tutte le testimonianze invocate, tutte le autorità consultate della Commissione d'inchiesta, si mostrarono favorevoli al nuovo sistema d'illuminazione. Winsor fece sfilare successivamente: verniciatori che impiegavano molto asfalto alranelo e che unanimi dichiararono che il catrame prodotto dalla fabbricazione del gas, dà un nero ben più lucente, che sciolgesi e secca assai più rapidamente dell'asfalto e può essere adoperato anche senza mescolarlo con resina; — tintori che annunciarono che le acque ammoniacali provenienti dalla depurazione del gas, sono di gran lunga preferibili ai prodotti consimili, fino allora impiegati nelle tintorie; — un costruttore di bastimenti, il quale, proclamò il catrame del gas incomparabilmente migliore di quello usato fino allora; — un chimico che perorò a favore dell'ammoniacca, dichiarando che questa sostanza era chiamata a sostituire i concimi ed avrebbe resi grandissimi servigi all'agricoltura. Per ultimo, siccome la Commissione domandava un chimico perfettamente informato delle proprietà del gas illuminante, Winsor additò il chimico Accum, il quale poco tempo prima aveva pubblicamente combattuto, con la voce e coi scritti, i temerari progetti di Winsor. In mezzo allo stupore di tutti gli astanti, anche Accum dichiarò che il gas ottenuto da Winsor non spandeva alcun odore, che abbruciava senza fumo ed infine che il coke è un combustibile superiore ad ogni altro.

« Quest'inatteso concorso di favorevoli testimonianze non bastò a vincere la formidabile schiera degli oppositori nella quale figuravano anche Murdoch e Watt che contestando a Winsor il merito dell'invenzione, reclamavano per loro conto il privilegio esclusivo dell'applicazione dell'illuminazione a gas; la Camera dei Comuni rifiutò il *bill* d'autorizzazione.

« Winsor si rivolse allora alla Camera dei Lordi

e ripeté nel 1810, dinanzi a quell'alto consesso, tutte le pratiche fatte l'anno antecedente alla Camera dei Comuni. Dopo una lotta accanita contro potenti oppositori, sostenendo spese ingenti, Winsor riescì finalmente vincitore; i lordi approvarono il *bill* d'autorizzazione. Poco dopo Giorgio III rilasciava la *carta reale* che investiva del chiesto privilegio, la compagnia fondata da Winsor. »

Nel frattempo alcune fiature di cotone del Lancashire venivano illuminate a gas, fra queste merita particolare menzione la grandiosa fiatura Greenaway, di Manchester, nella quale Clegg inventò e mise in pratica il *barilletto*, per la condensazione del catrame, apparecchio che fu poscia impiegato, quasi senza modificazioni, in tutte le officine a gas. Nel 1812 il medesimo illuminò pure la fiatura dei fratelli Ashton a Hyde, presso Stockport ed in questa introdusse il depuratore a polvere di calce bagnata, alstoma riconosciuto efficacissimo, perfezionò le forme delle storte e riescì a regolare la pressione del gas nel gasometro. In quell'anno Clegg illuminò a gas lo stabilimento del negoziante Ackermann, nello Strand, a Londra. Quest'illuminazione eccitò grandissima sorpresa ed ammirazione negli abitanti della grande metropoli. Narrai che una dama della più alta società, vedendo in quel negozio una lampada a gas, fissata sul banco, si entasiestò talmente, alla vista di quella splendidissima luce, che esternò il desiderio di pigliarla seco, dichiarandosi pronta a pagare quella qualunque somma che il proprietario avrebbe reclamata. Basta questa strana domanda della gran dama per comprendere quanto fossero imperfette le idee che il pubblico nutiva rispetto all'illuminazione a gas. L'accoglienza fatta all'illuminazione del negozio Ackermann, indusse, nel 1813, i direttori della *Chartered Gas light and Coke Company* (Compagnia privilegiata per la fabbricazione del gas e del coke) ad assumere Clegg come ingegnere della Compagnie; ei dovette convincerli che gli apparati fino allora costrutti da Winsor, sebbene avessero assorbito ingenti somme, pure erano per la massima parte imperfetti ed inutili, convenne quindi abbandonarli e costruirne di nuovi sopra basi più razionali.

Per trionfare delle resistenze del pubblico e convincerlo dei vantaggi dell'illuminazione a gas, la Compagnia introdusse gratuitamente il nuovo sistema d'illuminazione in molte botteghe e case

della City (regione centrale di Londra). Sembra incredibile: i proprietari furono molto restii ad accettare questo beneficio; si temeva che il gas, percorrendo i tubi conduttori, dovesse riscaldarli assai, e perciò la presenza di questi tubi era considerata come un continuo pericolo d'incendio, tuttavia, anco i più tenaci oppositori dovettero in breve convincersi che questo pericolo è assolutamente immaginario; infatti basta applicare la mano sui tubi del gas, per persuadersi che non sono per nulla più caldi dell'aria circostante.

Nel 1813, Clegg costruì la prima officina a gas di grandi proporzioni, per servizio dei privati, a Peter-Street (Westminster). Quando il lavoro fu compiuto, il naturalista Giuseppe Banks ed alcuni altri membri della *Società reale* di Londra, furono incaricati d'ispezionare l'officina e le disposizioni in essa adottate e di stendere un rapporto sui pericoli e sull'eventuale utilità delle medesime. Questa Commissione concluse che il Governo doveva obbligare la Compagnia a costruire piccoli gasometri, capaci tutt'al più di 6000 piedi cubici ciascuno (circa 170 metri cubici), ed a circondarli da robuste murature. — Mentre i Commissari radunati intorno al gasometro, discutevano sui pericoli ai quali si andrebbe incontro, accostando un lume acceso ad una *fuga* (fessura accidentale dalla quale si sprigiona il gas) d'un gasometro, Clegg stimò necessario dissipare ogni timore con un'esperienza decisiva; fattosi dare un piccone ed una candela accesa, squarciò col piccone la lamiera del gasometro ed accostò la fiamma della candela all'abbondante getto di gas che usciva dalla squarcatura; molti dei commissari fuggirono impauriti. Contro tutte le loro previsioni, il gas si infiammò solo all'esterno del gasometro, e la temuta esplosione non avvenne. Tuttavia questa prova materiale non valse a distruggere nella Commissione l'erronea credenza intorno al pericolo delle esplosioni, e la Compagnia dovette sostenere ancor per molti anni rilevanti spese per fabbricare piccoli gasometri circondati da robuste murature.

Di lì a non molto, un grave accidente verificatosi, per negligenza degli operai, nell'officina di Westminster, venne quasi a giustificare i vani timori della Commissione: una larga fessura manifestatasi in un depuratore, lasciò fuggire un abbondante getto di gas che, attratto dalla chiamata d'aria provocata dalla fiamma delle fornaci, si accese per contatto coll'aria infiammata

e determinò una formidabile esplosione. I timori si ridestarono nel pubblico più forti che mai; il ponte di Westminster, che soltanto da pochi giorni ed in via d'esperienza, veniva illuminato a gas, rimase all'oscuro per più sere, poichè gli impauriti accenditori, temendo un'esplosione, non osavano accostare l'indispensabile fiammella ai singoli beccucci a gas. Per far cessare questo stato di cose e per sbandire ogni timore, Clegg dovette rassegnarsi a compiere lui stesso, e per più sere di seguito, l'umile ufficio di accenditore di beccucci a gas sul ponte di Westminster.

Le autorità della parrocchia di Santa Margherita, a Westminster, furono le prime ad apprezzare convenientemente l'illuminazione a gas; stipularono un contratto con la Compagnia, per dotare del nuovo sistema d'illuminazione tutte le vie della parrocchia. Il 1.º aprile 1814 le vecchie lampade ad olio cedettero il posto a brillanti fiammelle a gas. Poco dopo Clegg introdusse l'illuminazione a gas nelle città di Bristol, Birmingham, Chester, Kidderminster e Worcester. Nel giro di pochi anni, tutta Londra e le principali città d'Inghilterra e Scozia, furono illuminate a quel modo; presentemente non vi ha forse in quei paesi neppur una città di 3000 abitanti, priva d'illuminazione a gas.

Mentre di là della Manica, il nuovo sistema d'illuminazione, godeva il favore del pubblico, sul continente si nutrivano ancora i più assurdi pregiudizi contro il gas illuminante. L'instancabile Winsor che nel 1815 erasi recato a Parigi per introdurvi l'illuminazione a gas, dovette lottare pel corso di parecchi anni con autorevoli scienziati, con abili industriali, i quali pretendevano che i carboni fossili del continente sarebbero stati inetti a produrre il gas — asserzione puramente gratuita, come lo dimostrò poi l'esperienza — ed aggiungevano che l'introduzione del gas avrebbe recati gravissimi danni agli agricoltori per la completa rovina nella quale sarebbe caduta l'industria delle piante oleose; declamavano contro i mille pericoli che correrebbero gli abitanti delle città illuminate con quel gas tanto esplosibile e malsano. Per buona sorte queste ridicole frecciate non ferivano l'instancabile Winsor, il quale ben sapeva che per convincere le moltitudini non bastano le buone ragioni, ma ci vogliono fatti. Perciò ei cominciò coll'illuminare a gas una sala del *Passage des Panoramas*, i parigini accorsero tosto in gran

folla ad ammirare la viva luce. Pochi giorni dopo Winsor lanciava al pubblico il programma per la costituzione d'una Compagnia col capitale 1,200,000 franchi; questa somma fu in breve coperta e così il tenace promotore poté stabilire l'illuminazione a gas in tutto il *passage* e in alcune fra le più frequentate vie delle vicinanze. Ma gli avversari non vollero darsi vinti; esagerando i pericoli delle esplosioni, indussero gli abitanti del quartiere a reclamare la soppressione degli apparecchi impiegati da Winsor; la polizia accondiscese. — Un chimico di vaglia (Clemente Désormes) pubblicò una dotta memoria (1) nella quale tentò di mostrare gl'inconvenienti ai quali si andrebbe incontro impiegando per l'illuminazione il gas idrogeno bicarbonato. L'illustre Gay-Lussac schieratosi dalla parte degli oppositori così si esprime in una sua lezione:

« Se gli uomini avessero conosciuta dapprima l'illuminazione a gas, ed un bel giorno fosse stato loro annunziato che si era scoperto un mezzo di condensare questo gas in un liquido oleoso od anche in una materia solida, questa scoperta sarebbe stata riguardata come un grande perfezionamento nell'arte di illuminare. Infatti, sotto queste due forme, la materia può trasportarsi facilmente, senza pericolo e senza apparecchi particolari; col mezzo delle lampade ed utilizzando la sostanza liquida, si ottiene una fiamma assai chiara; la sostanza solida foggiate a candela può, del pari, servire all'illuminazione. Si nell'un caso come nell'altro, il volume della materia è incomparabilmente minore; non sono necessari apparecchi ermeticamente chiusi, le fiamme non hanno più una posizione fissa e determinata negli appartamenti. Non è più necessario costruire con grande spesa immensi gasometri, canalizzazioni sotterranee. »

Ad onta dei profondi ragionamenti di illustri scienziati, a dispetto degli scritti satirici dei letterati e delle manovre tenebrose degli industriali, il pubblico parigino dovette a poco a poco riconoscere l'incontrastabile superiorità dell'illuminazione a gas. Il 4.º gennaio 1819 quattro fiamme

a gas illuminarono per la prima volta la piazza del Carrosello; la splendida e bianca luce data da queste fiamme, eclissò quasi intieramente quella fosca e resiccia delle circostanti lanterne ad olio. L'eloquente confronto decise della vittoria, in breve l'illuminazione a gas andò estendendosi nelle principali vie e piazze di Parigi, i particolari si affrettarono ad imitare l'esempio dato dal Comune, le richieste di gas illuminante divennero ognor più frequenti, le Compagnie per l'illuminazione a gas si moltiplicarono rapidamente e nel giro di pochi anni tutta Parigi fu illuminata a gas.

Nel 1855 le varie Compagnie, che fino allora eransi fatte reciproca concorrenza, si costituirono in una sola, che prese il nome di *Compagnia parigina*, dotata di grandissimi mezzi.

Per quanto riguarda l'Italia, sappiamo che fino dal 1818 un piccolo teatro di Milano fu illuminato a gas per cura del cav. Aldini; nel 1832 la Galleria De Cristoforis, in questa città, fu rischiarata allo stesso modo. Nel 1838 sorse a Torino la prima Compagnia per l'illuminazione a gas, nel 1840 essa prestava servizio a molti privati, alimentando molte migliaia di beccucci. Il Municipio non si determinò ad adottare il nuovo metodo per illuminare le vie della città, senonchè parecchi anni più tardi.

In Milano sorsero, nel 1837, due società le quali quasi contemporaneamente offerse al Municipio di illuminare a gas le principali vie e piazze della città, ma essendo poscia insorta questione intorno alla specie di materia prima da cui ricavare il gas, cioè fra lo schisto bituminoso ed il carbon fossile, il progetto venne protratto al 1844 e l'illuminazione a gas incominciò nell'anno successivo. Verso la medesima epoca, il gas incominciò a rischiarare anco le vie della popolosa Napoli, di Venezia, Genova, Firenze, Livorno e Palermo.

IV.

Sostanze atte a somministrare gas illuminante. — Varie specie di carbon fossile. — Il *dog-head* e la *paraffina* — Condizioni necessarie all'esistenza d'una fiamma — Produzione del gas alla sommità del lucignolo nelle lampade e nelle candele — Influenza delle particelle carbonose nel potere rischiarante delle fiamme — Il nero-fumo — Pallida luce fornita dall'idrogeno puro; mezzo per aumentarne lo splendore.

« Le sostanze vegetabili o animali, dice il Pollicci (2), non che certi prodotti estratti dalla

Terra, ma provenienti da corpi organici; o, per essere più comprensivo, tutte le materie conte-

(1) *Appréciation du procédé d'éclairage par le gaz hydrogène du charbon de terre*, Paris, 1819.

(2) *Storia chimica fisica igienica e industriale della illuminazione a*

gas, cinque letture popolari e sperimentali date in Siena dal professore ENRICO POLLICCI; Firenze, Cammelli ed. lib. 1867, pagina 80 e seguenti.

neniti idrogeno e carbonio, qualunque ne sia la origine, possono, convenientemente trattate, somministrare gas dotato di facoltà illuminante. Ma non tutte economicamente a quest'uso convengono. Figurano in prima linea il carbon fossile, che tende continuamente a rimpiazzare tutte le altre; poi vengono i petroli, il boghead, gli oli fissi, le sanse d'olive, i grassi, la resina e l'olio di resina, gli animali morti, il legno, i residui della fabbricazione del sapone e delle candele steariche. Fra le materie meno interessanti si annoverano principalmente le tigniti, le torbe, le alghe, le materie che hanno servito alla concia delle pelli, i canaputi, le lische del lino, ed altri resti vegetabili, vinacce e vinacciai, cenci lani, pelli delle pelli, ecc. Convien tuttavia considerare che rispetto al merito di queste sostanze, e delle altre che si potrebbero aggiungere, non vi ha nulla di assoluto, essendo che quella stessa materia, che più torna utile in un paese, lo è infinitamente meno in un altro. È sempre questione d'economia, per raggiungere la quale si impiegano mezzi che variano col variare delle condizioni locali. Così in Russia trovai vantaggioso preparare il gas col legno della betulla, che in quel paese può aversi a vilissimo prezzo. Nella Svezia si impiegano per lo più le resine e l'olio da esse estratti. In alcuni cantoni della Svizzera e particolarmente a Berna ed a Basilea si usano ancora i legni resinosi. In qualche luogo è pur ricercata la sanse delle olive, il che non può accadere però se non dove la fabbricazione dell'olio è trascurata, perocché quando le sanse ne sono state bene spogliate, non v'è più tornaconto a servirsene per il gas. Nel centro poi e nella parte occidentale d'Europa, le gas preparasi d'ordinario col carbon fossile. Esso ha il gran vantaggio di somministrare come prodotto secondario il coke, eccellente combustibile, il cui valore è presso che eguale a quello del carbon fossile impiegato; di dare dell'ammontaca, che serve, nel maggior numero dei luoghi, a pagare le spese di purificazione del gas. Aggiungasi poi il catrame, dal quale estraesi, fra le altre, la naftalina, l'acido fenico, la benzina, e l'anilina, sostanze importantissime e quasi tutte ricercatissime per diverse industrie, e segnatamente per l'arte tintoria, in cui hanno dato luogo ad una vera rivoluzione.

« È bene avvertire che il carbon fossile non è sempre uguale; se ne conoscono molte specie, e

non tutte sono nello stesso modo adattate alla fabbricazione del gas. Abbiamo di fatti il gruppo dei carboni così detti magri; quello dei semi-grassi, e finalmente il gruppo dei carboni grassi. I semi-grassi sono maggiormente stimati dei grassi, che costano di più, sono d'una distillazione difficile e danno del catrame in abbondanza. I carboni magri poi forniscono un coke che non si agglomera facilmente e producono poco gas. — La presenza del solfo nei carboni nuoce assai alla qualità e quantità del gas, e perciò, quelli che ne contengono, dovranno essere possibilmente rigettati. Si dovrà anche procurare che il carbone al momento di doverlo adoprare, sia asciutto, atteso che la umidità esercita un'influenza molto dannosa sulla produzione del gas. Così un chilogramma di carbon fossile, contenente il 10 per 100 d'acqua, ha dato:

Gas di buona qualità . . .	liri 100
Gas di cattiva qualità . . .	92
Totale litri 252	

Mentre lo stesso peso di carbone, della medesima qualità, ma disseccato, ha prodotto:

Gas di buona qualità . . .	liri 250
Gas di cattiva qualità . . .	92
Totale litri 332	

« È poi naturale che le diverse specie di carbone non diano la medesima quantità di gas. Ciò risulta chiaro dal quadro seguente:

	Litri di gas per ogni chil.	Metri cubi di gas per ogni 100 chil.
Carbon fossile	di Saint-Etienne	200 a 270 20 a 27
	di Griseuil	200 a 210 20 a 21
	duro di Mons	200 a 200 20 a 26
	di Fins e di Fleury	270 27
	del migliore Fleury	330 33
	ordinario inglese	210 21
	di Newcastle	308 a 312 30 a 31
	compatto inglese	320 32

« Del resto prima d'acquistare grosse partite di carbon fossile, sarebbe conveniente farne il saggio in piccolo per mezzo d'una storta e d'un gasometro adattati. Per tal modo il volume del gas potrebbe essere facilmente misurato; il suo potere illuminante determinato; la qualità e quantità del coke valutata. E così si verrebbe a possedere tutti gli elementi necessari per giudicare del merito industriale d'un carbone.

« Tra i combustibili dianzi ricordati figura pure

il *boghead*; che cos'è la materia cui è stato dato questo nomaccio? È un minerale, uno schisto bituminoso, esistente nella Scozia, che può essere adoperato con vantaggio nella preparazione del gas, in quelle circostanze, in cui le officine hanno bisogno di una quantità di luce che oltrepassi l'abituale consumo. Il *boghead*, a peso uguale, dà un volume di gas quattro volte maggiore del carbon fossile, e d'un potere rischiarante triplo, lo che permette, usando questo schisto, d'ottenere una luce più intensa, senza modificare gli apparecchi; imperocché, esposto all'azione del calore, comportasi esattamente come il carbon fossile. — Tuttavia non debbo tacere che in questi ultimi tempi il *boghead* ha preso che raddoppiato di prezzo, e forse per questa ragione non potrà continuarsi ad usare nella preparazione del gas. Un tale sbilancio di prezzo dipende da ciò, che l'industria ha trovato il modo di ricavarne dal *boghead* degli oli volatili, che si bruciano in lampade speciali, ed una materia solida, bianca e cristallizzabile, chiamata *paraffina*, la quale si vende ad un prezzo molto maggiore a quello che ha il gas. La *paraffina* è somigliante allo *spermaceo* o grasso di balena, e serve com'esso a preparare delle belle candele semidure.

« Passiamo ora a discorrere della maniera di preparare e di purificare il gas; preparare del gas è cosa assai più facile di quanto si crede generalmente. Si può ben dire che giornalmente tutti facciamo o vediamo fare del gas. E di fatti quando accendiamo una lucerna, una lampada, una candela, un pezzo di legno, che cosa facciamo noi se non del gas? La fiamma d'una candela ci rappresenta in miniatura i grandi apparecchi che servono a produrre il gas nelle officine, per farlo poi ardere a distanze più o meno grandi; col lucignolo invece si ottiene il gas direttamente e lo si consuma subito nel punto in che si produce. Ma il principio dell'illuminazione a gas è quello stesso dell'illuminazione ordinaria, di guisa che tutte le illuminazioni potrebbero dirsi a gas; in tutte si vuole e si ottiene del gas, che, incendiato di poi, ci somministra la luce. Ma come va — per esempio — che nelle candele questo gas si brucia volta per volta che si forma, mentre nelle officine può essere raccolto e bruciato a tutto comodo? La ragione ne è ben semplice; una fiamma non può prodursi senza il concorso di tre diverse condizioni, che sono: com-

combustibile, sufficiente temperatura e intervento dell'aria. Or bene, in una candela accesa tutte e tre queste condizioni intervengono, mentre negli apparecchi delle officine a gas si hanno bensì il *combustibile* e la *sufficiente temperatura*, ma operando — come infatti si deve operare — in vasi convenientemente chiusi, l'*aria non interviene*, e quindi il gas si produce, si raccoglie sì, ma non può bruciare. La preparazione del gas nelle officine consiste adunque nel distillare a secco, ossia nel riscaldare fortemente in vasi di terra o di ferro, chiusi in modo che non vi penetri aria, le materie atte a somministrarlo.

« Il gas generato in questi vasi passa — per mezzo di tubi — in altri recipienti, dove si purifica, e quindi si raccoglie in appositi magazzini detti *gasometri*, donde vien poscia distribuito ai consumatori. — Con facile esperienza si possono apprezzare le differenze che si hanno secondo che il gas si trova in contatto o fuori del contatto dell'aria, a bassa o ed elevata temperatura.

« Gettando un pezzo di cera o di sego in un recipiente ben aperto ed infuocato, si forma subito del gas, che spontaneamente si accende ed arde con bella fiamma. Ma se ripetiamo l'esperienza con un vaso parimente metallico ed infuocato, ma capace di essere ben chiuso con un coperchio fornito di un tubo piuttosto lungo e stretto, il gas illuminante si produrrà anche in tal caso nell'interno del recipiente, ma non potrà spontaneamente infiammarsi; uscirà in forma di vapore — sensibilissimo all'odorato — dall'estremità aperta del tubo. Ma qui — potrebbesi osservare — l'aria non manca; dunque perchè non brucia? Non brucia perchè manca ora di un'altra condizione, della sufficiente temperatura; esso esce ancor caldo dal tubo, ma non tanto da accendersi al solo contatto dell'aria. Appressando all'estremità del tubo un corpo acceso — comunicando cioè al gas il calore che avea perduto percorrendo il tubo — il gas si infiamma tosto. »

Si può riconoscere questa verità con esperienza ancor più facile: spegnete la fiamma d'una candela ed accostate, subito dopo, un flammifero acceso alla nuvola biancastra che vedrete sollevarsi dal lucignolo. Quella nuvola è formata appunto da gas e vapori che riscaldandosi si accendono e riaccendono quindi anche lo spento lucignolo. — Ogni fiamma di lampada o di candela, giova ri-

perlo, rappresenta quasi in miniatura i grandi apparecchi con cui produceasi il gas illuminante: con questi si ottiene il gas per farlo poi ardere a grandi distanze; col lucignolo lo si ottiene direttamente e lo si consuma subito sopra luogo. Questo gas però è ben diverso e produce fiamme più o meno ricche di luce a seconda che è ottenuto da sostanze più o meno ricche di carbonio. Così una piccola fiamma di gas illuminante (*idrogeno bicarbonato*) spande tanta luce che basta a rischiare una vasta camera; mentre una forte fiamma di gas idrogeno puro è sì poco luminosa che non potremmo valercene per allontanare le tenebre.

Nella fiamma del gas illuminante — ed altrettanto dicasi delle fiamme ottenute dall'olio, dalla cera e dalle altre sostanze impiegate nell'illuminazione — notano miriadi di minutissime particelle carbonose che, per l'elevata temperatura, si riscaldano tanto da diventare incandescenti; l'idrogeno puro all'incontro non contenendo particelle carbonose, produce fiamma appena visibile.

È facile verificare la presenza delle particelle carbonose nell'interno delle fiamme impiegate nell'illuminazione; basta introdurre per pochi istanti nella fiamma un corpo freddo come sarebbe ad esempio un pezzo di porcellana, subito dopo lo vedrete coperto da una macchia nera dovuta a tutte le particelle depositatevi, l'incandescenza delle quali cessò pel contatto col corpo freddo che ne arrestò la combustione. Analizzando la materia che produsse quella macchia nera, si riconosce che è carbone ridotto in minutissima polvere cui si dà il nome di *nero fumo*. Lo stesso fenomeno si verificherebbe se in luogo della porcellana si introdurrebbe, nella fiamma, qualsiasi altro corpo solido e freddo (1). Se il corpo solido è freddo con cui si attraversa la fiamma lascia passare le particelle carbonose, come avverrebbe, ad esempio, impiegando una tela metallica, la fiamma rimane raccorciata (fig. 250) mentre si disopra del tessuto si innalza una nuvoletta di nero e denso fumo il quale è appunto composto dalle particelle carbonose che esistevano nella fiamma e che lambendo i fili metallici (avvilissimi ed ottimi conduttori del calore) cedono

a questi gran parte del loro calore (1) e quindi perdono quell'elevata temperatura che le manteneva incandescenti.

L'idrogeno puro, sebbene abbruciato isolatamente sommiuati inco debolissima, può tuttavia acquistare grande potenza luminosa mescolandolo a vapori di alcuni liquidi pignoli di carbonio, quali sarebbero l'essenza di trementina, gli oli di schisto e di petrolio e vari altri carburati d'idrogeno volatili.

Si può raggiungere lo stesso intento anche senza ricorrere a sostanze ausiliarie ricche di carbonio: basta ricoprire il beccuccio dal quale sprigionasi il gas idrogeno puro — cui sia stato comunicato il fuoco — con un cappelletto formato da fitta reticella di fili di platino; l'alta temperatura posseduta dalla fiamma del gas idrogeno puro riscalda al rosso-bianco il cappelletto



Fig. 250. FIAMMA ATTENUATA DA TELA METALLICA.

di platino (il quale essendo inossidabile, non si altera punto) che, divenuto incandescente, spanda intorno a sé vivissima luce; l'incandescenza dei fili di platino, che ansata finché rimanga acceso il getto di gas, fa le veci di fiamma luminosa. La luce così ottenuta non vacilla mai, si mantiene immobile anche in mezzo a correnti d'aria. Oltre a questo non indifferente vantaggio, l'illuminazione a gas idrogeno puro presenta pur quello di non sviluppare la benché minima quantità di malfatta esalazioni che — sebbene in minima dose — pure riscontransi nell'ordinario gas illuminante.

Convien però avvertire che sebbene la materia prima, dalla quale si può abbondantemente ricavare il gas idrogeno puro, non costi nulla,

(1) L'impovertimento di calore che subisce una fiamma attraversando una tela metallica rende ragione del benedico effetto esercitato dalla presenza delle tele metalliche nelle lampade di sicurezza (Vedi vol. II, pag. 189). Il gas di miniera penetrando bensì nell'interno della lampada, ed a contatto dell'acceso lucignolo, si infiamma, ma l'incendio non può comunicarsi al gas circostante poiché la tela metallica neutralizzando a spese delle fiamme da esso racchiuse, fa discendere la temperatura di quest'ultima al di sotto di quel limite che è necessario all'esistenza della fiamma.

(1) Talvolta la fiamma bruciando fumo, ancor quando si trovano distanti dai corpi freddi; il che dipende allora da mancanza d'aria. Si rimedia facilmente a quest'increscioso aumentato la corrente d'aria, ovvero diminuendo la proporzione del combustibile.

poichè lo si estrae dall'acqua (1), pure — nello stato attuale della scienza — le spese d'estrazione sono ben più rilevanti di quelle che si incontrano per ottenere l'ordinario gas illuminante, per tal motivo e fino a che non si scopra un metodo d'estrazione meno dispendioso, l'illuminazione col gas ordinario è, economicamente, molto più vantaggiosa di quella a gas idrogeno puro. — Aggiungasi poi che, impiegando quest'ultimo, le

fughe sarebbero ben più probabili e quindi gli apparecchi e le canalizzazioni dovrebbero essere costruite con ben maggior cura e quindi importerebbero dispendii ben più rilevanti di quelli necessari per l'ordinaria illuminazione a gas e ciò in virtù della notevole leggerezza del gas idrogeno puro (1) la quale gli permette di filtrare e fuggire attraverso a fessure che pur non lascerebbero passare il gas idrogeno bicarbonato.

V.

Fabbricazione del gas illuminante: le storte, il bariletti, i condensatori, le colonne a Coke e la purificazione fisica del gas. — Depurazione chimica; inconvenienti nell'impiego della calce; purificazione con l'ossido di ferro. — Il gasometro. — La canalizzazione sotterranea. — Beccucci a semplice e a doppia corrente, Manchester e Argand. — Utilità dei caminetti di vetro. — Beccuccio Maccaud; beccucci in porcellana; beccucci a corrente d'aria riscaldata.

Passiamo ora a descrivere il metodo generalmente seguito nelle officine per ottenere dal carbone fossile l'ordinario gas illuminante.

Entro ad ampia fornace in muratura son collocati orizzontalmente — in gruppi da 5, 7 od anche 9 — appositi recipienti che diconsi *storte*. Se ne vedono di diverse forme, ma le più generalmente adottate presentano quella di un D rovesciato (2). Altra volta erano di ferro, oggi si fabbricano di terra refrattaria. Hanno da 2^m 30 a 2^m 60 di lunghezza, su 45 centimetri di larghezza e 35 d'altezza. Le fig. 257, 258 rappresentano l'una in prospettiva, l'altra in sezione longitudinale, una di queste fornaci contenente cinque storte, ciascuna delle quali è indicata con R. La parte anteriore — che sporge alquanto dalla fornace — e che porta il nome di *testa della storta* è provveduta d'una chiusura mobile *h*. Si inizia l'operazione togliendo questa chiusura ed introducendo nella storta un centinale circa di chilogrammi di carbon fossile ridotto in frammenti non più grandi d'un pugno. La storta conterrebbe doppia quantità di carbon fossile, ma è bene riempirla solo a metà; senza questa precauzione scoppierebbe, poichè il carbone,

trasformandosi in *coke*, raddoppia all'incirca di volume; poscia si colloca nuovamente la chiusura sulla bocca della storta e per impedire ogni comunicazione coll'aria esterna si ricuopre tutta la giuntura con argilla impastata con acqua. Nella fig. 257 si vedgono le due storte superiori già chiuse, mentre le tre storte sottostanti sono ancora aperte e si può ancor scorgere il carbone K in esse accumulato. Dalla sommità sinistra (fig. 258) d'ogni storta ergesi verticalmente un tubo *r* che, ripiegandosi, penetra fin presso al fondo d'un recipiente orizzontale C, che dicesi *bariletti*, contenente uno strato d'acqua alto circa 8 centimetri. Chiusi tutti gli otturatori *h* ed acceso un vivo fuoco nel focolare F, la fiamma circonda e riscalda le storte R, i prodotti della combustione dopo d'aver lambite tutte le storte salgono nell'aria per mezzo d'apposito fumaiuolo invisibile nella figura. La temperatura più conveniente, cui dev'essere portata la storta, è quella del calor rosso *chillegio vivo*, vale a dire dai 600 ai 700 gradi centigradi. A questa temperatura il gas si sprigiona dal carbon fossile (2) e non avendo altra uscita, ascende con tutte le sue impurezze nel tubo ricurvo *r*; al suo uscire dall'estremità inferiore del ramo più corto del tubo *r*, il gas incontra l'acqua che occupa la parte più bassa del barile

(1) Dirigendo un getto di vapor acqueo sui carboni ardenti racchiusi in una storta, l'acqua si decompone e si ottengono: acido carbonico, ossido di carbonio, idrogeno puro ed idrogeno carbonato. Questa mescolanza gaseosa si raccoglie alla sommità della storta e percorrendo apposito tubo giunge nel purificatore contenente calce in polvere. L'elemento dominante in questa mescolanza è l'idrogeno puro, su 92 parti di questo se ne trovano solo 8 d'ossido di carbonio; la quantità d'acido carbonico è piccolissima. Attraversando la calce, la mescolanza perde l'acido carbonico e passa subito dopo nel serbatoio o gasometro.

(1) Assumendo per unità il peso specifico dell'aria, alla temperatura di 0° e sotto la pressione barometrica di 0^m 76,

il peso specifico dell'idrogeno puro è di 0, 069

" " " bicarbonato 0, 978

(2) In media si ritiene che 100 chilogrammi di carbon fossile fornicano da 25 a 28 metri cubici di gas illuminante, 4 a 5 chilogrammi di coque e 05 chilogrammi di coke.

letto C e così subisce un primo raffreddamento il quale produce la condensazione del catrame sviluppatosi, sotto forma di vapore, contemporaneamente al gas; il catrame raffreddatosi divien liquido e si deposita sul fondo del barilello C mentre il gas esce gorgogliando dall'acqua e occupa la sommità del barilello. Quest'ultimo serve in pari tempo a mantenere isolate le singole storte tanto le une dalle altre quanto da tutto il resto dell'apparecchio, l'incendio che si sviluppasse nel gas contenuto in una storta rimarrebbe quindi naturalmente localizzato e non avrebbe

alcuna funesta conseguenza; e così pure il barilello impedisce che il gas, una volta uscito dalle storte possa rientrarvi, nemmeno quando si aprono per toglierne il coke — che rimane nelle storte — ed introdurre in esse nuovo carbone fossile, lo che suol farsi ogni quattr'ore circa (1). — Un sifone penetra, col suo ramo più corto, fin presso al fondo del barilello e ne estrae di mano in mano il catrame depositatosi dal gas; il catrame percorre i due rami del sifone ed uscendo dall'estremità inferiore del ramo più lungo va a raccogliersi in un tino sottostante.



Fig. 257. (Prospetto).



Fig. 258. (sezione longitudinale).

APPARATO PER LA PRODUZIONE DEL GAS ILLUMINANTE.

Sulla sommità del barilello s'innesta un condotto che penetra presso al fondo d'una cassa orizzontale contenente dell'acqua, il cui livello è mantenuto costante; questa cassa è sormontata da una serie di tubi aventi la forma d'un U rovesciato (fig. 259) detti *condensatori* od anche *giuochi d'organo*, perchè presentano qualche analogia col complesso delle canne d'un organo.

(1) « Terminata la distillazione, un operaio comincia ad allentare la vite, di cui è fornito il coperchio di ciascuna storta, dà qualche colpo di martello sul coperchio stesso per distaccarlo interamente dalla testa della storta, e quindi presenta subito alla fessura da cui esce il gas una torcia accesa: così il gas brucia solo, ed è quindi remossa quella piccola esplosione, che avrebbe luogo, qualora lo stesso gas venisse a bruciare dopo essersi mescolato a dell'aria. »

I due rami di ciascun tubo non sono egualmente lunghi: il ramo più corto staccasi — a tenuta di gas — dalla sommità della cassa, mentre il ramo più lungo giunge fin presso al fondo di quest'ultima. È facile rendersi conto di questa disposizione; il gas che giunge dal barilello penetra nella cassa del condensatore, attraversa lo strato d'acqua, sale a galla in bollicine, occupa la capacità superiore della cassa, sale nel ramo più corto del primo Ω , discende pel ramo più lungo, attraversa nuovamente lo strato liquido, penetra nel ramo più corto del secondo Ω , e così via. Ora, in questo ripetuto saliscendi, il gas subisce un forte raffreddamento, in grazia del

quale si condensano: nuovo catrame, olio, sali ammoniacali; sostanze tutte, le quali, a mano a mano che divengono liquide, cadono al fondo della cassa dalla quale vengono poscia estratte per mezzo d'un sifone a raccolta in apposito serbatoio. Dopo d'aver percorsi tutti i tubi del condensatore il gas traversa un condotto A (fig. 260) che giunge presso al fondo d'un recipiente cilindrico — a pareti metalliche — ripieno di coke bagnato con acqua, e perciò detto *colonna a coke*, i due coperchii C,D possono essere accuratamente chiusi od aperti a volontà, il primo permette d'introdurre il coke nella colonna, il secondo di estrarlo; il gas penetra adunque al basso della co-

lonna, attraversa gli innumerevoli interstizii del coke e, salendo continuamente, giunge alla sommità della colonna sulla quale è agginato un tubo B che lo introduce nel *depuratore*. Percorrendo il coke collocato nella colonna (fig. 260), il gas deposita i sali ammoniacali che teneva in sospensione. Un metro cubo di gas, che all'uscire dai condensatori contiene in media circa *sette* grammi d'ammoniaca, ne contiene *due* soli al suo uscire dalla colonna a coke. Il coke che ha già servito qualche tempo viene estratto dall'apertura D, io si lava per ispogliarlo dai sali ammoniacali, utilissimi all'agricoltura, e quindi io si fa seccare e io si adopera come combustibile.



Fig. 260. CONDENSATORI.

Tuttavia al suo uscire dalla colonna a coke il gas non è ancor puro come i consumatori lo vogliono; è ancora contaminato dall'acido carbonico, dall'idrogeno solforato e da piccola porzione d'ammoniaca, perciò si obbliga il gas ad attraversare il *depuratore* (fig. 261) che è una cassa a pareti metalliche divisa in due o tre compartimenti da altrettanti graticci orizzontali in filo di ferro sopra ciascuno dei quali si sparge uno strato, alto da 8 a 10 centimetri, di calce spenta e polverizzata o di ossido di ferro. Il gas entra nella cassa per un'apertura praticata in G presso al fondo ed esce da un'apertura superiore H. La cassa è chiusa da un coperchio il cui orlo, ripiegato ad angolo retto, penetra nella capacità

anulare F ripiena d'acqua, il che costituisce una *chiusura idraulica* impermeabile al gas. La calce, esclusivamente impiegata qual depuratore nei primordii dell'illuminazione a gas, non apoglia il gas di tutte le sostanze nocive e svolge anzi una piccola quantità d'ammoniaca; agginugasi che la calce già impiegata nella depurazione senza ingrato odore che incomoda non poco il vicinato ogni qualvolta dovesi vuotar le casse per sostituire nuova calce a quella che, pel lungo uso, perdette la sua virtù purificatrice; per ultimo la quantità di calce necessaria alla depurazione del gas nelle grandi officine riescirebbe rilevantissima e il deposito della materia già utilizzata recherebbe grandissimo ingombro, perciò la calce è tollarata

solo nella piccola officina. Alla calca si sostituiscono vantaggiosamente il cloruro di calcio e l'ossido di ferro che si rigenerano dopo ogni operazione, e perciò la stessa sostanza serve perennemente e non dà alcun residuo ingombrante. La purificazione si eseguisce, in tal caso, nel modo seguente:

Il gas giunge in un primo depuratore contenente cloruro di calcio, destinato a sottrarre al gas, con duplice decomposizione chimica, il carbonato d'ammoniaca che lo infettava. Il gas penetra quindi in un secondo depuratore contenente una mescolanza d'ossido di ferro e carbonato di calce misto a segatura di legno. L'idrogeno solforato contenuto nel gas si trasforma in sol-

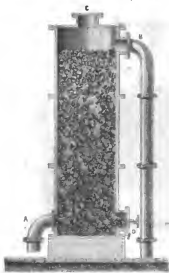


Fig. 250. COLONNA A COKE.

furo di ferro grazie all'ossido di questo metallo. Il solfuro di ferro così ottenuto, si trasforma — quando rimanga esposto per alcune ore a contatto dell'aria — in solfato, grazie all'assorbimento dell'ossigeno atmosferico. Questo solfato decompone allora il carbonato di calce che fa parte della mescolanza, e, per una reazione chimica ben conosciuta, si produce solfato di calce ed ossido di ferro. Ecco dunque che l'ossido di ferro, trasformato dapprima in solfuro, può rigenerarsi e servire un grandissimo numero di volte a togliere al gas il suo idrogeno solforato.

Il gas purificato così anche chimicamente esce dal depuratori e giunge nel gran recipiente G, (fig. 252) conosciuto col nome di *gasometro*. Il

gasometro è una gran campana cilindrica, formata con lamiera di ferro, che entra pressoché a sfregamento in una cisterna H I scavata nel terreno — circondata da muratura e rivestita d'intonaco impermeabile all'acqua — e ripiena d'acqua; la cisterna dev'essere non meno profonda di quanto è alto il gasometro. A, B, C e C' B' A' sono tubi anodati che pur rimanendo immobili — rispettivamente in A ed in C, in C' ed in A' — possono assumere convenienti inclinazioni la quali permettono al gasometro G di alzarsi od abbassarsi come ora diremo. Il primo gruppo di tubi, quello di sinistra, comunica coi depuratori; il secondo gruppo, quello di destra, mette capo ad un ampio condotto che dirige il gas verso i luoghi nei quali lo si deve consumare. Due chiavi, collocate l'una in P, l'altra in Q, servono a stabilire o ad interrompere le comunicazioni, la prima fra i depuratori ed il gasometro, la seconda fra il gasometro ed il condotto di distribuzione. Durante il

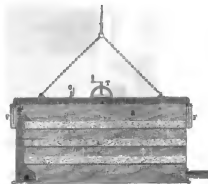


Fig. 251. DEPURATORE.

giorno la chiave Q è chiusa, l'altra è aperta; il gas che si svolge dalle storte, mantenute in continua attività, percorre successivamente il barileto, i condensatori, le colonne a coke ed i depuratori e, trovandosi aperta la chiave P, attraversa i tubi A, B, C, — le snodature dei quali, sono, come ben si comprende, a tenuta di gas — e si raccoglie nel gasometro. Al principio dell'operazione tutto il gasometro è, per così dire, rannicchiato nella cisterna, la sua faccia superiore CMC' allora il livello dell'acqua contenuta nella cisterna ma al giungere del gas — che è più leggero dell'aria atmosferica — il gasometro,

spinto dal basso all'alto si solleva gradatamente e si riempie completamente di gas. Un'armatura in ghisa KKK circonda il gasometro e gli impedisce di inclinarsi lateralmente e di sollevarsi indefinitamente, poichè — ad impedire perdite di gas — è indispensabile che il labbro inferiore del gasometro rimanga costantemente sott'acqua. Un *manometro* applicato in M comunica colla capacità del gasometro ed indica a colpo d'occhio la tensione del gas in esso racchiuso. È poi manifesto che chiudendo la chiave P ed aprendo la chiave Q, lasciando cioè liberamente fluire il gas nei tubi di distribuzione, il gas contenuto nel gasometro passa successivamente in quei tubi e

quindi nei singoli beccucci sui quali viene acceso, e così il gasometro si vuota gradatamente e rientra a poco a poco nella sottostante cisterna H I. Da quanto si è detto si riconosce che il gasometro fa l'ufficio di magazzino del gas; veramente la parola *gasometro* vorrebbe dire *misura del gas*, ma l'uso ha stabilito di chiamar così il serbatoio. Avvertiamo però che il gasometro può anche dare la misura del gas, bastando all'uopo — come ben si comprende — collocare un'asta graduata lateralmente al gasometro; conoscendo il diametro di quest'ultimo ed osservando di quanto il gasometro si è innalzato sul livello dell'acqua contenuta nella ci-



Fig. 262. GASOMETRO ARTICOLATO.

sterna si può, con facile calcolo, determinare la quantità di gas che trovasi allora racchiusa nel gasometro.

Come abbiamo già detto, nei primordi dell'illuminazione a gas sembrava vera audacia l'ammettere, in vicinanza o nell'interno delle città, gasometri capaci di 200 metri cubici di gas illuminante, pel timore d'incendio e d'esplosione di questa temuta sostanza; la giornaliera esperienza fece dilegnare quei timori ed i gasometri ricevettero dimensioni ognor crescenti, presentemente nelle grandi metropoli veggonsi giganteschi gasometri capaci di ben 25,000 metri cubici di gas e nessuno ne rimane allarmato.

Il tubo principale che esce dal gasometro percorre sotterraneamente la città, si ramifica in

tutti i sensi con tubi secondari, i quali — come i precedenti — sono di ghisa o di lamierino stagnato internamente e ricoperto esternamente da un forte strato di bitume o di catrame mescolato di sabbia; sui tubi secondari sono innestati tubi di piombo che portano il gas nell'interno delle case, da questi — finalmente — diramansi tubi minori di piombo che conducono il gas in un piccolo cilindro cavo — che dicesi *beccuccio* — sulla cui commità son praticati dei forellini od una fessura, uscendo dalla quale il gas spande la più viva luce tosto che gli accostate una fiamma.

A due tipi distinti (1) si riportano le forme infinite, che dar si possono ai beccucci, e sono:

« I beccuccio ad un sol getto ed a *semplice*

(1) POLLACCI. Op. cit., pag. 113 e seg.

corrente d'aria, nel quale il gas, bruciando all'aria libera, sfugge da un'apertura di forma variabile, e la cui fiamma prende aspetti differenti, incominciando dalla forma conica e andando fino a quella apiegata e piatta del ventaglio.

« Il beccuccio a getti moltiplici e a doppia corrente d'aria, di cui la fiamma sviluppandosi in nappa cilindrica, imita quella della lampada Carcel.

« I beccucci che servono alla illuminazione delle strade, sono per lo più di quelli a semplice corrente d'aria. Consistono in un piccolo tubo (figura 263), spesso terminato da una sferoidale, in cui è praticata, con un tratto di sega, una fessura f ordinariamente non minore di un quarto né maggiore di quattro quinti di millimetro di

larghezza. Il gas, uscendo da questa apertura a guisa di lamina sottile, dà luogo ad una fiamma a superficie molto sviluppata, e tale (fig. 264) da imitare in qualche modo un ventaglio spiegato, ovvero l'ala del pipistrello: da ciò il nome di *beccucci a ventaglio* o di *beccucci a pipistrello*, che ad essi furono applicati.

« Un altro beccuccio a semplice corrente d'aria, che gode oggi d'un certo credito, è quello cui si è dato il nome di *beccuccio Manchester* (fig. 265). piccolo apparecchio molto semplice, la cui costruzione differisce essenzialmente da quella del precedente. Ha ordinariamente la forma d'un cono troncato, di cui la sezione superiore è munita di due piccoli fori, che si ricurvano l'uno verso l'altro, di modo che i due getti di gas al-



Fig. 263. SEZIONE E PIANTE
D'UN BECCUCCIO A VENTAGLIO.



Fig. 264. FIAMMA E BECCUCCIO A VENTAGLIO.



Fig. 265. SEZIONE E PIANTE
D'UN BECCUCCIO MANCHESTER.

l'uscire dal beccuccio s'incontrano urtandosi. Or da tale urto risultano: 1.° lo schiacciamento della fiamma, che si spiega in un piano perpendicolare all'orizzonte d'uscita; 2.° un rallentamento nell'uscita del gas, che brucia allora con fiamma chiara, moderata ed omogenea. — Si vuole che questo beccuccio, regolato con diligenza, possa gareggiare con quello a ventaglio.

« Veniamo ai beccucci a doppia corrente d'aria, detti pure *beccucci d'Argand*. Servono essi più che altro all'illuminazione interna. — Il beccuccio all'Argand si compone (fig. 266) di un tubo biforcuto, che conduce il gas in un cilindro cavo a doppia parete, terminante superiormente in una piccola corona metallica munita di fori circolari o , o, il cui diametro varia da un quarto a un mezzo millimetro; generalmente il numero di questi fori varia da 12 a 25. Il gas proveniente dal tubo

adduttore, dividendosi, com'è naturale, nei diversi fori, ne esce in un modo eguale ed eminentemente regolare; e siccome l'intervallo tra costesti fori è assai piccolo (3 millimetri circa), così il gas brucia (fig. 267) sotto forma d'una nappa cilindrica e non interrotta.

« In virtù d'una tale disposizione, si capisce dunque che l'aria destinata ad alimentare la combustione passa contemporaneamente all'interno ed all'esterno della corona metallica, che è quanto dire per l'interno ed all'esterno della fiamma; di tal che il gas brucia completamente, producendo dell'acqua col suo idrogeno, dell'acido carbonico col suo carbonio. Ma questa conversione de' due elementi non si ha nel medesimo tempo. L'idrogeno brucia il primo e abbandona il carbonio, che, deposto momentaneamente nella fiamma, perviene alla temperatura del rosso

bianco, concorrendo a dare alla fiamma (vedi pag. 281) la sua brillante bianchezza e la luce viva che essa spande.

« Per aver poi una combustione regolare del gas, è necessario che esso bruci in aria il meno possibile agitata: ecco per qual motivo lo si fa ardere nei lampioni, nei globi od in cilindri di vetro.

« Generalmente per la illuminazione delle strade — che è quanto dire per i beccucci a ventaglio — si adottano i lampioni di forma ordinaria, mentre per i beccucci d'Argand si usano comunemente tubi di vetro. Così ciascun beccuccio porta una specie di canaletto circolare, detto *ringhertino*, sul quale si colloca un cilindro o camino di vetro, di 6 centimetri circa di diametro su 18 d'altezza. Al disopra del camino trovasi poi quasi sempre una specie di campana metallica, detta *para-fumo*, ed avente per oggetto d'arrestare la corrente di vapor d'acqua ed il carbone (nero fumo) sfuggito alla combustione, che annerebbe i soffitti e le volte delle stanze. — Fra i perfezionamenti apportati nella costruzione di questi beccucci, quello dovuto a Maccaud è senza dubbio uno dei più ingegnosi. Circonda egli di tessuto metallico finissimo la parte inferiore dei beccucci per la quale vien l'aria necessaria alla combustione, e ciò fa nello scopo di rimediare alla instabilità della fiamma, non che in quello d'aumentarne lo splendore. Di maniera che l'aria, costretta ad attraversare le fitte maglie del tessuto, che si è riscaldato, oltre che vien rallentata nel suo movimento, acquista altresì un certo grado di calore. Onde ne deriva: 1.° che la fiamma è meno oscillante; 2.° che se ne può aumentare l'altezza senza produrre fumo; 3.° che la luce è più bella. — Successivamente, al tessuto metallico fu sostituita la foglia d'ottone, munita di fenditure longitudinali e parallele in tutto il suo circuito. E più di recente altro perfezionamento ha pure avuto luogo, la materia



Fig. 265. SECTION E PANTA D'UN BECCUCCIO A DOPPIA CORRENTE.

metallica fu sostituita dalla porcellana, quest'ultima serve non solamente a circondare la parte inferiore dei beccucci, ma benanco alla costruzione dei beccucci stessi. La porcellana, poco conduttrice del calore, più dura del metallo, più resistente al pulimento, inalterabile all'aria ed alle impurezze del gas, richiede perciò meno spesa di mantenimento e fornisce una fiamma più regolare e più bella, perciocchè la dimensione dei fori resta sempre la medesima.

« Abbiamo detto che rallentando la corrente dell'aria, la luce del gas diviene più bella e tranquilla; ciò potrà parervi strano, forse crederete



Fig. 267. FIAMMA A DOPPIA CORRENTE.

il contrario; di fatti, l'aria essendo l'alimento della combustione, essendo quella che fa bruciare il gas, parrebbe che quanto maggiore è la corrente o la quantità d'aria, e tanto più abbondante dovesse essere lo sviluppo della luce; ma se ciò sta relativamente al grado di calore, non regge d'altronde per rispetto alla proporzione della luce. Perciò: volendo impiegare il gas come mezzo di riscaldamento, conviene alimentare la combustione con abbondante e rapida corrente d'aria; volendo invece valersi del gas per la illuminazione, bisogna, è vero, far sì che l'aria non manchi ma bisogna pur badare che non sia in quantità troppo forte, nè in troppo rapida corrente. Imperocchè, se l'aria è in troppa abbon-

danza, il carbonio del gas non rimane un po' di tempo nella fiamma, ma forma invece dell'acido carbonico prima di potersi convertire in luce. — È facile persuadersene quando, ad esempio, si possa disporre d'un beccuccio a doppia corrente d'aria fornito del suo tubo o camino di vetro; accesa la fiamma e regolato opportunamente — col robinetto — il consumo del gas, questi brucia con bellissima luce. Sovrapponendo un secondo tubo, in modo da raddoppiare l'altezza del camino — con la qual disposizione aumenta necessariamente la corrente dell'aria — la fiamma diviene subito vacillante e la quantità di luce diminuisce.

« L'uso infine dell'aria riscaldata, per alimentare la combustione del gas, è par esso un miglioramento apportato in questi ultimi tempi alla illuminazione, di che si tratta. E vari beccucci furono già costruiti, che un tale effetto producono. I più stimati sono quelli di Chaussonot e di Parisot. Chaussonot propone di guarnire il beccuccio di due vetri disposti in maniera, che l'aria, introducendosi fra l'uno e l'altro, possa riscaldarsi prima d'arrivare al punto, in che si effettua la combustione. Per tal modo operando si avrebbe, di fronte al beccuccio semplice, un'economia del 33 per 100. »

VI.

Il *gas portatile* ossia il gas a domicilio senza dispendiosa canalizzazione; inconvenienti inseparabili dall'energica compressione dell'ordinario gas illuminante; pregi del gas somministrato dal *baghead*. — L'illuminazione a gas sui battenti a vapore e nei convogli ferroviari. — Il *contatore a gas* o misuratore della quantità, il *folometro* o misuratore della luce. — Sensibile economia ed altri vantaggi dell'illuminazione a gas. — Operai illusi dal colore. — Cura della tosse canina. — Le *fughe* di gas, le esplosioni, cautele per evitarle.

Nel primordi dell'illuminazione a gas si riteneva che la spesa necessaria per la canalizzazione — vale a dire per la distribuzione del gas, a domicilio, mediante tubi sotterranei — fosse di gran lunga superiore a quella che fu poi riconosciuta necessaria. Per tal motivo si pensò di distribuire il gas a domicilio senza ricorrere alle dispendiose canalizzazioni sotterranee, valendosi all'uopo di robusti recipienti — facilmente trasportabili da luogo a luogo — nei quali si introduceva gas energicamente



FIG. 25. CARRO DEL GAS PORTABLE.

compresso, perciò anche un recipiente di mediocre volume, bastava a contenere rilevante quantità di gas. Ma ben presto si riconobbero gli vantaggi inerenti a questo sistema: la difficoltà di costruire recipienti leggeri e tuttavia capaci di resistere all'energica pressione di trenta atmosfere (1), che veniva data al gas in esso conte-

nuto, la difficoltà di impedire le fughe tanto facili a manifestarsi sotto quell'energica pressione; l'impossibilità d'ottenere durante la combustione un effluvio costante di gas, in guisa che le dimensioni della fiamma restassero ognora le stesse,

ed infine il pericolo risultante dal dover custodire, nell'interno delle abitazioni, grandi recipienti pieni di gas illuminante. Aggravasi che, dalle ricerche dell'illustre Faraday, risulta che l'energica compressione del gas illuminante determina la liquefazione di parecchi carburi d'idro-

geno, i quali formano, naturalmente, a spese del gas e perciò lo privano, in parte, del suo potere illuminante. Per queste varie ragioni si rinunciò ben presto all'uso del *gas portatile* fortemente compresso. Alcuni anni dopo si ricominciò a studiare il quesito dell'economico trasporto del gas al domicilio del consumatore; qualche industriale pensò di trasportare il gas senza as-

(1) Vedi la nota a pag. 94, col. 2.° del II volume.

soggettarlo ad alcuna pressione, ma non si tardò a riconoscere che anco l'impiego del gas portatile non compresso presentava non pochi inconvenienti. Bisognava anzitutto disporre — nella casa del consumatore — d'un locale conveniente per contenere l'ampio recipiente destinato a ricevere il gas. La Compagnia incontrava grandi difficoltà e soggiaceva a perdite non indifferenti ogniqualvolta era mestieri interrompere quell'illuminazione, ovvero troncava l'abbonamento, in tal caso dovevasi ricondurre il recipiente all'officina o collocarlo stabilmente presso un altro cliente; sussisteva infine il permanente pericolo d'incendio nella casa del consumatore, per la considerevole quantità di gas che bisognava tenere in serbo nella medesima. Notisi infine che il carbon fossile — generalmente impiegato nella fabbricazione del gas — fornisce bensì un gas ottimo per essere distribuito in giornata e tal quale, ma conservato oltre 24 ore, va perdendo gran parte della sua facoltà illuminante, liquefacendosi porzione degli idrocarburi volatili che gliela comunicano; liquefazione che si verifica in proporzione tanto maggiore, quanto più energica è la compressione alla quale il gas è sottoposto. Ciò pur non fosse, troppo limitata è in origine la potenza luminosa del gas di carbon fossile per renderne conveniente il trasporto senza assoggettarlo a compressione. Convenne quindi rinunciare al gas portatile finché non si fosse trovata una sostanza di prezzo moderato, capace di fornire gas più ricco di quello di carbon fossile, suscettibile d'essere sottoposto a sufficiente pressione e conservato, per qualche tempo, in tale stato senza sensibile deperimento. Si provarono successivamente non poche sostanze; meglio di ogni altra soddisfa alle condizioni imposte dalla natura del problema lo schisto scozzese, superiormente accennato col nome di *boghead*; il gas da esso somministrato conserva anco per più settimane, sotto la pressione di 10 a 12 atmosfere, un potere luminoso all'incirca quadruplo del gas di carbon fossile di buona qualità. La distillazione del *boghead* si compie in piccole storte più basse, più larghe e più corte delle ordinarie; all'uscire dalle storte esso passa nel barilettto, poi nel depuratore e quindi nel gasometro, viene poscia aspirato da pompe — solitamente mosse da macchine a vapore — e compresso a 10 od 11 atmosfere, in questo stato lo si fa entrare in recipienti cilindrici, terminati

da calotte sferiche, della capacità di circa 6 decimi di metro cubo, collocati stabilmente sopra carri (fig. 268) sui quali si fanno circolare entro la città, o meglio ancora nei contorni o nelle borgate circostanti, per distribuirlo ai consumatori. Presso ognuno di questi trovansi uno o più cilindri (secondo la quantità dei rispettivi consumi giornalieri) simili ai precedenti, i quali comunicano, mediante grosso tubo di piombo, con un'apertura esterna chiusa da robinetto e da una portina, le cui chiavi sono conservate dalla Compagnia. Quando il carro carico di gas portatile giunge alla porta del consumatore, un incaricato applica l'estremità d'un tubo flessibile ad uno dei recipienti collocati sul carro e introduce l'altra estremità di questo tubo in quella del tubo di piombo testè menzionato ed apre due robinetti: l'uno de' quali permette l'uscita del gas dal recipiente che trovasi sul carro, l'altro permette l'ingresso del gas nel recipiente che trovasi nell'abitazione del consumatore. Entrambi questi recipienti son provveduti di *manometro*, il che permette di riconoscere ad ogni istante il grado di tensione cui trovasi assoggettato il gas in essi contenuto. Sul principio dell'operazione il recipiente del consumatore è vuoto o tutt'al più contiene piccola quantità di gas dotato della tensione di 2 a 3 atmosfere — residuo della giornata precedente — mentre il gas che sta nei recipienti collocati sul carro è compresso a circa 11 atmosfere; questa differenza di pressione lo spinge con gran forza nel recipiente del consumatore. A poco a poco questo va riempiendosi; il manometro applicatovi deve indicare — ad operazione compiuta — la tensione di 4 a 5 atmosfere. Ben spesso, prima di raggiungere questo limite, è mestieri vuotare successivamente parecchi cilindri, fra quelli collocati sulla vettura, il primo servirà ad esempio a far salire a 3 atmosfere la tensione del gas nel recipiente del consumatore, il secondo la farà salire a 4 atmosfere e per ultimo il terzo la porterà a 5.

Riempito così il recipiente che serve un consumatore, si fa andare il carro fino al luogo di consumo più prossimo e si ripete la stessa operazione avvertendo però di incominciarla vuotando anzitutto quei cilindri nei quali la pressione fu già indebolita.

Con queste disposizioni il gas portatile può riescire più economico del gas corrente quando si tratta d'illuminare località disseminate ove lo

scarso consumo non permette di costruire le dispendiose canalizzazioni sotterranee. Il gas portatile potrebbe inoltre vantaggiosamente sostituire le lucerne ad olio per l'illuminazione dei convogli ferroviarii, come già da parecchi anni esso è vantaggiosamente impiegato sui battelli a vapore che compiono lunghi viaggi notturni sui fiumi o sui laghi del Nuovo Mondo.

Nei primi tempi dell'illuminazione a gas, le Compagnie vendevano il gas ai singoli consumatori in base alla durata dell'illuminazione, questo sistema riesciva per esse svantaggioso poichè il consumatore poteva clandestinamente prolungare la durata dell'illuminazione od anche consumare quantità esuberante di gas, aumentando l'ampiezza delle singole fiamme. Si riconobbe quindi l'opportunità di misurare la quantità di gas fornita ai singoli consumatori; l'ingegnere Samuele Clegg, già per molti altri titoli benemerito dell'illuminazione a gas, ideò l'apparecchio indicato dalla figura 269 al quale si dà il nome di *contatore del gas*. Esso componesi d'un tamburo chiuso (7) di lamiera di ferro, nel cui interno è contenuto un tamburo minore (5, 6), mobile intorno a perno collocato nel centro del tamburo maggiore. Il tamburo interno è diviso in quattro camere (1, 2, 3, 4) da altrettanti diaframmi opportunamente ripiegati; ciascuna camera ha due aperture, l'una verso il centro del tamburo — ove, pel tubo 1, affluisce il gas che giunge dall'officina — l'altra sul perimetro e sbocca quindi nello spazio anulare interposto fra il tamburo interno (5, 6) ed il tamburo esterno (7). Entrambi i tamburi sono un po' più che a metà ripieni d'acqua; nella posizione indicata dalla figura, le due camere inferiori (1, 4) sono ripiene d'acqua mentre le due camere superiori (2, 3) contengono gas; il gas che affluisce pel tubo centrale (1) penetra nella capacità superiore della camera (1) e, grazie alla disposizione dei diaframmi, alla pressione ed alla leggerezza specifica del gas, quest'ultimo preme dall'alto al basso la parete superiore della camera (4) e la obbliga a ruotare (unitamente a tutto quanto il tamburo minore) da destra superiormente a sinistra ossia in direzione opposta a quella degli indici d'un orologio; la camera (4) innalzandosi, si vuota d'acqua e si riempie di gas mentre l'opposto avviene nella camera (2). Quando in questa rotazione, la fessura perime-

trale che separa la camera (4) dalla contigua camera (1) esce finalmente dall'acqua, il gas sfugge da questa fessura, si versa nella capacità anulare che esiste fra i due tamburi e salendo pel tubo (8) passa nelle diramazioni destinate ad alimentare le singole fiammelle del consumatore; frattanto il gas, che continua a scaricarsi pel tubo (1), empie gradatamente anche la camera (1) che ora occupa il posto precedentemente occupato dalla (4) mentre la (2) occupa il posto dapprima occupato dalla (1); le stesse cause continuando, continua pure la rotazione del tamburo minore ed il gas penetrato nella camera (1) si versa — per la fessura perimetrale che separa la camera (1) dalla (2) — nello

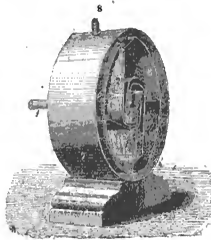


Fig. 269. CONTATORE DEL GAS.

spazio anulare fra i due tamburi e quindi ascende pel tubo (8); questo giuoco continua finchè non si impedisce l'ingresso del gas pel tubo (1) o non si toglie l'acqua dai tamburi. Conoscendo la capacità delle camere (1, 2, 3, 4) ed il numero di giri fatti dal tamburo minore (5, 6) in un tempo determinato riesce facilissimo calcolare il volume di gas uscito pel tubo (8).

Per conoscere a colpo d'occhio il numero di giri fatti, in un dato periodo di tempo, dal tamburo minore si prolunga esternamente l'asse di rotazione di questo tamburo ed al prolungamento si applica un rocchetto dentato che, mediante un sistema di ingranaggi, trasmette il suo movimento a tre indici girevoli sopra altrettanti quadranti graduati, simili a quelli d'un orologio; la posizione occupata dall'indice sul primo quadrante indica le unità, quella occupata dall'indice sul secondo quadrante indica le de-

cina, quella infine occupata dall'indice sul terzo quadrante indica le centinaia di metri cubici di gas che pel tubo (1) penetrarono nel contatore e ne uscirono pel tubo (8). Se gl'indici si muovessero anco a fiamme spente — o, per meglio dire, a robinetti chiusi — converrebbe concluderne che, fra il contatore ed i beccucci, uno o più tubi lasciano fuggire il gas e sarebbe necessario immediatamente rimediarsi non solo per impedire un' inutile perdita di gas, ma ben anco per prevenire gravissimi pericoli come diremo fra breve.

Il contatore dev'essere costruito e collocato in guisa da render facile l'ispezione del livello dell'acqua in esso racchiusa; questo livello dev'essere invariabile: riscontrando in esso qualche differenza dovuta sia all'evaporazione dell'acqua del contatore sia alla condensazione dell'acqua, introdottasi in esso, unitamente al gas, allo stato di vapore, convien aggiungere o togliere la quantità d'acqua necessaria a ristabilire il livello primitivo, non senza chiuder prima — per precauzione — il robinetto che stabilisce od interrompe la comunicazione con la canalizzazione esterna.

Nel collocamento del contatore convien scegliere un luogo al riparo dai rigori del freddo poichè altrimenti l'acqua, in esso contenuta, gelerebbe ed impedirebbe il necessario movimento del tamburo.

Ma per ben valutare una merce non basta conoscerne esattamente la *quantità*, convien pure apprezzarne la *qualità* senza di che la Compagnia potrebbe fornire ai consumatori gas dotato di debole potere rischiarante ed essi ne subirebbero grave danno. Per misurare la qualità del gas si ricorre allo strumento detto *folometro* (che deriva dal greco e vale: *misura-luce*) il quale permette di paragonare la luce della fiamma d'un beccuccio a gas con quella somministrata da una lampada ad olio di noto consumo. Generalmente si assume come unità di luce quella fornita da una lucerna Carcel che consuma 42 grammi d'olio all'ora e nel capitolato d'oneri imposto dal consumatore alla Compagnia si pattuisce il quantitativo di gas che deve somministrare luce pari a quella fornita dalla suddetta lucerna. Così ad esempio, a termini del contratto stipulato dalla municipalità con la Compagnia parigina, il gas che questa somministra dev'essere tale che 105 litri di esso, abbruciati in un'ora in un ordinario beccuccio, devono fornire luce

pari a quella somministrata dalla suddetta unità di luce.

Sperimentando col fotometro l'intensità luminosa delle varie sostanze comunemente impiegate nell'illuminazione si riconobbe che a luce pari, l'illuminazione più economica è quella data dal gas come facilmente si scorge dal seguente prospetto, basato sui prezzi di Parigi e prendendo per unità di luce quella fornita dalla incarna Carcel:

Candele steariche da 5 al pezzo, in ragione di fr. 1.80	
al mezzo chilogramma	centesimi 21. 19
Olio, nella lampada Carcel, consumante 52 grammi al-	
l'ora in ragione di fr. 1.70 al chilogramma	7. 17
Gas di carbon fossile, beccuccio da 158 litri all'ora, a	
fr. 0.30 al metro cubo	4. 44
Gas portatile, beccuccio da 20 litri all'ora, a fr. 1.00	
al metro cubo	2. 00

Ma oltre al minor costo è da notarsi che l'illuminazione a gas non è soggetta ai medesimi inconvenienti che si hanno per mezzo dell'olio e delle candele. Così i lumi a gas non sono, come quelli alimentati dall'olio, esposti ai cambiamenti di estinzioni moltiplicate e fortuite, sia pel gelo, sia per la cattiva qualità dell'olio e l'agitazione dell'aria, sia infine per imperfezione dei lucignoli o per cattiva manutenzione. Col'illuminazione a gas si ha pure maggiore proprietà o pulitezza, nè richiede tutta quella assistenza che è necessaria per le lampade ad olio e per le candele. Aggiungasi che vi è anco minor pericolo d'incendio, segnatamente in certi dati opifici, come sarebbero, ad esempio, le filande e le fabbriche di carta e di tessuti, nei quali lo smoccolare dei lumi dava luogo, per negligenza degli operai, ad incendi frequenti.

« Ma tutto ciò, giustamente osserva il Polacci (1), non basta. Imperocchè, se dobbiamo credere ad alcuni scritti ultimamente pubblicati, le persone occupate nella fabbricazione del gas, ad onta dei bruschi passaggi dal caldo al freddo, cui trovansi esposte, andrebbero non ostante esenti dalla malattia terribile del colera. Su tal proposito mi permetterò di trascrivere un articolo pubblicato a Londra dall'ingegnere Richards; ei dice:

« Durante i mesi di luglio e agosto 1854, la città di Barcellona fu crudelmente colpita dal colera asiatico; il numero dei morti, che in principio non oltrepassava la media di dieci al

(1) Op. cit., pag. 131 e seg.

giorno si elevò in brevissimo tempo a 200. Moltissimi abitanti abbandonarono la città, chiudendo case e botteghe; in capo a circa sette settimane, ciò che restava della popolazione era stato letteralmente decimato.... Io era, a cotest'epoca, ingegnere della Compagnia del gas, ed abitava all'officina. Orbene, io posso certificare che durante tutto il tempo della epidemia, neppure uno dei molti lavoranti ne rimase attaccato; ed era tale la confidenza da essi acquistata nelle condizioni sanitarie della officina, che facevano venire le loro famiglie ed i loro amici a passarvi la notte.... Io lascio la spiegazione di questo fenomeno a coloro che saranno capaci di assegnargli una causa. Taluno dirà forse che è stato il caso, ma io non lo credo, poichè uguali risultati si sono osservati a Marsiglia e nelle officine a gas di altre città visitate dall'epidemia. V'ha chi pretende che il preservativo consista nelle condizioni speciali dell'atmosfera delle officine; se così fosse, gli uomini dell'arte avrebbero in ciò un bel soggetto di studio, che potrebbe aiutarli a prevenire i terribili effetti del flagello.

« Il Malam, altro ingegnere inglese, dichiara di avere osservati i medesimi fatti. Dice che le sostanze messe in libertà nella distillazione del carbon fossile, sono tutte antisettiche e capaci di neutralizzare le emanazioni deleterie delle materie in putrefazione, non che quei gas nocivi che si svolgono dagli elementi diversi delle materie vegetali ed animali allo stato di decomposizione (1).

« Dopo aver detto dei principali vantaggi del gas illuminante, non possiamo tacere dei danni cui esso è stato e può essere la causa. Probabilmente avrete osservato che quando si accendono dei lumi a gas, in particolar modo se sono a doppia corrente d'aria, si odono sempre delle piccole esplosioni, dovute alla combustione del miscuglio d'aria e di gas, che va formandosi nei lampioni, ossivvero nei cilindri o camini di vetro, che circondano la fiamma. Ma queste, le sono esplosioni innocenti, non tanto perchè la bocca dei tubi è larga ed il miscuglio in piccola por-

porzione, quanto perchè esso non suol contenere l'aria ed il gas in quei rapporti che sarebbero necessari a renderlo pericoloso; ma l'esplosione può riuscire ben più pericolosa quando si introduce un lume acceso entro ad un miscuglio di aria e di gas illuminante fatto — sia artificialmente, sia casualmente — nei rapporti voluti ad ottenere la massima forza detonante. Se in una stanza si trovano 1 volume di gas illuminante e 1, 2, 3, 4, 5 o 6 volumi d'aria, il miscuglio risultante non detona; elevando però la quantità dell'aria a 7 volumi, il miscuglio allora detona, e la detonazione si fa gradatamente più forte e pericolosa portando i volumi dell'aria da 7 a 11; da 11 in su la detonazione indebolisce, fino a che poi un miscuglio fatto con un volume di gas e 15 d'aria non infiammasi più, e per conseguenza non produce più alcuna detonazione. Di modo che, se il miscuglio non avviene nei rapporti predetti, la detonazione non può aver luogo. Quanto abbiamo detto basta a dimostrare che una fessura formatasi in un tubo di diramazione, un rubinetto che non chiuda esattamente, od un beccuccio rimasto aperto senza essere acceso, possono occasionare i più sinistri accidenti, non escluso quello di produrre l'asfissia, perocchè l'aria, contenente una forte porzione di gas illuminante, è pure irrespirabile.

« Per buona sorte il gas illuminante conserva sempre odore disgustoso e facilissimo a riconoscersi, perciò l'odore molto sensibile che esso sparge, prontamente ci avverte della sua presenza prima assai che divenga pericoloso, bastando — per riconoscerlo — che ve n'abbia una cinquantesima parte del volume dell'aria. Quando sentite adunque odore pronunziato e persistente di gas, estinguette immediatamente tutti i lumi e tutti i fuochi vicini, correte al rubinetto principale e chiudetelo; indi aprite tutte le imposte degli usci e delle finestre, e procurate di stabilire una corrente d'aria la più possibilmente attiva, avendo anche la precauzione di agitare l'aria stessa con larghi pezzi di tela, particolarmente in quei punti nei quali il gas potesse essersi raccolto od annidato, come sarebbero i *sottoscala*, i *paichi morti*, gli *armari*, ecc. Dopo un poco di tempo, cercate di scuoprire e di chiudere esattamente le aperture d'onde il gas usciva. — Con queste misure di prudenza, le esplosioni sono presso che impossibili. »

(1) • Il Malam ricorda pure che l'acqua ammoniacale proveniente dalla distillazione del carbon fossile è anch'essa un antisettico, e che l'ammoniac, in detto liquido contenuta, esercita sulla terra un'azione chimica e depuratrice ben differente dal carattere putrescibile dell'ammoniac che si sviluppa dagli ingrassi. E soggiunge, che la vecchia calce dei depuratorì a gas, ha operato, sui bambini attaccati da tosse canina, un grandissimo numero di guarigioni. »

VII.

Pregi del carbon fossile. — Potenza della chimica. — I residui della fabbricazione del gas: il coke, il carbone delle storte, i sali d'ammoniacca e la loro importanza nell'agricoltura e nell'industria, ghiaccio artificiale e stoffe incombustibili. — I progressi della chimica e le metamorfosi del catrame del gas. — Distillazione del catrame e separazione dei vari oli. — La pece ed i panelli di carbone agglomerato. — La paraffina ed il fotogeno. — La benzina o la nitrobenzina od essenza di Mirbane. — L'anilina ed i colori che ne ricavano. — L'acido fenico, e le importantissime sue virtù terapeutiche. — L'acido picrico; il pierato di potassa e suoi formidabili effetti. — La naftalina e i suoi prodotti. — Importanza dello studio della chimica; consiglio ai giovani lettori.

Prime d'ebbandonare l'interessante argomento dell'illuminazione a gas, vogliamo formarci a considerare brevemente l'enorme importanza acquistata dal carbon fossile nella moderna società, grazie ai giganteschi progressi realizzati, nel giro d'un secolo, delle scienze applicate ed in particolar modo dalla meccanica, dalla fisica, dalla chimica, progressi che permisero di compiere veri miracoli industriali.

Per secoli e secoli le viscere della Terra nasconsero un tesoro ignoto; lo si scopre un giorno e tosto l'uomo se ne impadronisce. Il fuoco vivo che esso dà — il lettore avrà compreso che intendiamo parlare del carbon fossile — metterà in movimento le macchine nelle officine, le locomotive sui continenti, i piroscafi attraverso gli Oceani, producendo una vera rivoluzione nella umana società. — Imprigionato in una storta, lo si riscalderà in una fornace, lo si distillerà e se ne ricaverà il gas; ma non basta, l'industria umana va avanti, avanti, e pensa che gli avanzati del carbon fossile erasi, mezzo consentiti, abbrustoliti e distillati dai quali è uscito il gas, devono poter produrre qualche altra cosa. Oh! gli arsenici del carbon fossile non devono gettarsi al vento, come non si gettano al vento le ossa dell'animale morto.

Il carbon fossile ci ha dato il gas; e gli avanzati del carbon fossile ci daranno il coke, ci daranno il sale ammoniacco, ci daranno il catrame, ci daranno gli asfalti, ci daranno il cresosoto e l'acido fenico, ci daranno parecchi combustibili come la paraffina e il fotogeno, ci daranno la anilina — che fornisce i più splendidi colori che si possano immaginare; — ci daranno la benzina, ormai nota a tutte le buone massie, ci daranno perfino profumi e sostanze aromatiche! — Senza prolungare quest'enumerazione vi diremo che dalle pazienti ricerche dei chimici risulta, « che (1),

dalla distillazione del carbon fossile, fatta a diverse temperature si possono ottenere fino a quarantasette sostanze diverse, alcune delle quali allo stato di gas, altre liquide ed altre solide. E queste quarantasette sostanze diverse, trene alcune gassose, fino vent'anni or sono, erano materie di pura curiosità scientifica, ottenute dai chimici nei loro modesti laboratori e date comune degli uomini, che non si ferma se non alla utilità attuale e palpante, potevano essere riguardate come oggetto di trastullo per quei meschini che tanto ci si effaccavano sopra!

« Ma in oggi, questi oggetti di trastullo dei chimici, servono di base a grandiose industrie che mettono in moto molte intelligenze, molte braccia, molte macchine, e ingenti capitali. »

Lasciateci perire dei prodotti che si traggono dai residui del carbon fossile, benché non tutti appartengano all'illuminazione. Saremo brevi.

Il più prezioso avanzo che il carbon fossile lascia dopo essere stato distillato, è il coke, che si dice *avso* con perla italiana che ne esprime meglio la derivazione. Avrete già veduto nelle case, come il coke sia utilmente adoperato in qualità di combustibile per la stufa e per la cucina. Esso è utile tanto nelle officine quanto nell'economia domestica, poichè abbrucia senza fumo e svolge quantità di calorico molto maggiore di quella prodotta da qualsiasi altro combustibile. Il coke rappresenta in peso circa due terzi del carbon fossile distillato.

Sulle pareti delle storte si deposita un carbone ben più compatto del coke, ma non meno utile, questo *carbone delle storte del gas* è duro, sonoro, resistente; — ridotto in polvere serve a farne crogiuoli refrattari utilissimi al chimico; quando è tagliato in bastoncini, e questi sieno poco discosti l'uno dall'altro e sieno entrambi percorsi dalla corrente elettrica, concorre alla produzione della brillantissima luce elettrica che si sprigiona dalle estremità affacciate dei due bastoncini; tagliato in cilindri un po' più grossi

(1) Il carbon fossile, due lezioni popolari fatte nella R. Università di Siena dal prof. Cav. GIOVANNI CAMPANI, Siena, Tip. Lezzeri, 1868, pag. 32.

concorre alla costruzione delle pile a carbone ideate da Bansen, già menzionate (pag. 102) in questo volume.

Dai bariletti, dalle colonne a coke, dai depuratori si ritrae un'acqua carica di sali ammoniacali, e da essa ricavasi — con speciali operazioni chimiche — il solfato d'ammoniaci che è una materia fertilizzante preziosissima per l'agricoltura. Basti il dire che 100 chilogrammi di questa sostanza sparsi sopra un ettaro di terreno poterono persino duplicare il raccolto. L'ammoniaci ricavata dal carbon fossile serve a fabbricare parecchi sali di molta importanza: il nitrato d'ammoniaci che sciogliendosi nell'acqua produce un notevole abbassamento di temperatura e che appunto perciò serve a fabbricar ghiaccio anco di estate; il fosfato d'ammoniaci grazie al quale la mussolina, i voli ed altre stoffe diventano incombustibili e che perciò appunto dovrebbe essere largamente adoperato per prevenire quelle orribili sciagure che troppo sovente costano la vita ad incaute danzatrici.

Per lunghi anni il catrame — che depositasi nei bariletti, nei condensatori, nelle colonne a coke delle fabbriche di gas illuminante — fu considerato come un residuo senza valore, non si sapeva che farne. Quella materia nera, semifluida, fetida, sgradita alla vista, all'odorato e al tatto sembrava destinata ad ingombrare inutilmente le officine; tuttavia, nel giro di pochi anni si riconobbero in essa grandissimi pregi, si poterono ricavarne utilissimi prodotti che passeremo rapidamente in rivista. Questa singolare metamorfosi è unicamente dovuta ai progressi della chimica che seppa trarre, dal fetido catrame, i più splendidi colori che abbiano mai formato la delizia dell'occhio umano. Magnifiche tinte rosso cremisi, bleu, violette, rosee, verdi, gialle, grigie, nere, sono fornite dal catrame delle officine a gas. E ben a ragione l'illustre chimico Hoffmann diceva che « se da fanciulli abbiamo potuto rimanere in estasi dinanzi all'apparente potenza del prestidigitatore, che dalla stessa bottiglia sembrava capace di versare a volontà una dozzina di liquidi differenti, non ci sarà permesso da uomini di restare in ammirazione davanti la effettiva potenza del chimico industriale, che dal medesimo barile di catrame può trar fuori, a sua scelta e in realtà, un centinaio di tinte diverse? »

Per separare dal catrame del carbon fossile, le varie sostanze oleose, coloranti od aromatiche

in esso contenute, convien anzitutto assoggettarlo alla distillazione. A tal fine si impiega una storta cilindrica A (fig. 270) il cui collo D mette capo ad una serpentina E. Il catrame giunge, per un tubo C, da un serbatoio sovrastante; l'ammissione del liquido è regolata da apposito rubinetto. Il catrame, così penetrato nella storta, si riscalda gradatamente sotto l'azione del fuoco acceso nella fornace H. Abitualmente si distillano da 7 ad 800 chilogrammi di catrame in dodici ore. I prodotti volatili, che sfuggono pel collo D e che poi giungono nella serpentina subiscono in questa un notevole abbassamento di temperatura e così ridivengono liquidi. Questi liquidi vogliono essere successivamente e separatamente raccolti; nelle prime fasi dell'operazione si ottengono gli *oli leggeri*, nelle seconde si ricavano gli *oli pesanti*. Gli *oli leggeri* contengono la benzina, il toluene, ecc., quelli pesanti danno poi origine all'acido fenico, all'anilina ed a vari altri prodotti basici. — Le acque provenienti dalla distillazione del catrame sono ammoniacali e servono a preparare sali d'ammoniaci. — A distillazione compiuta rimane nella storta una sostanza nera e pastosa che è pece; la si estrae dalla storta aprendo il rubinetto G che le permette di scaricarsi ancor calda, in un serbatoio sottostante ove in breve, raffreddandosi, si solidifica. Questa pece, che può anche servire a fabbricare asfalti artificiali, è per la massima parte impiegata per formare *panetti di carbone agglomerato* che danno un eccellente combustibile ancor più stimato del carbon fossile: esso viene adoperato molto vantaggiosamente ad animare le macchine motrici nelle officine e le locomotive sulle ferrovie. A tale intento la pece vuol essere polverizzata poi mescolata con cura a minuti frammenti di carbon fossile — che per la loro estrema piccolezza non potrebbero essere altrimenti adoperati — nella proporzione di 10 parti di pece per 90 di carbone. Quando la mescolanza è intima, si introduce in forme cilindriche o parallelepipede di ghisa e si sottopone all'azione del vapor acqueo ad alta pressione e perciò dotato d'alta temperatura. Sotto l'influenza di quest'elevata temperatura la massa diviene pastosa, allora viene sottoposta ad energica compressione, la pece ed i frammenti di carbone si uniscono intimamente e, raffreddandosi, formano una massa solida e compatta cilindrica o parallelepipeda, simile a quella della forma adoperata.

I vari prodotti volatili che successivamente si condensano nella serpentina sono registrati nel seguente quadro ove a fianco al nome di ogni prodotto c'è il numero di gradi (del termometro centigrado) indicante la temperatura necessaria affinché si svolgano dal catrame.

Oli leggeri o essenze lorde di carbon fossile	Primo periodo Prodotti che si distillano da 39° a 150°	Anilene . . . 39°
		Benzina . . . 86°
		Toluene . . . 108°
		Xilene . . . 133°
Oli pesanti	Secondo periodo — da 150° a 200°	Piridene . . . 150°
		Cumene . . . 151°
		Lutidene . . . 151°
		Eupione . . . 169°
	Terzo periodo — al di sopra di 200°	Cimene . . . 175°
		Anilina . . . 182°
		Acido fenico . . 188°
		Nafalina . . . 247°
	— al di sopra di 300°	Quiloneina . . . 239°
		Antracene . . . 300°
		Crisene . . . 300°
		Pirene . . . 300°

Per servire ai vari usi cui sono destinati, questi liquidi vogliono essere anzitutto purificati.

Per purificare gli oli leggeri, o essenze lorde di catrame, si mescolano col 5 per 100 del loro peso d'acido solforico. In capo a un'ora l'acido trascina seco le sostanze impure e l'olio galleggia, lo si lava poscia con acqua e quindi con liscivia di soda caustica. Lo si distilla una seconda volta e si ottiene così un liquido trasparente che è la benzina del commercio (1). Gli oli pesanti vengono purificati in guisa analoga.

La successiva distillazione degli oli pesanti del catrame somministra una sostanza cui si dà il nome di *paraffina* (2) che a bassa temperatura si solidifica in lamine cristalline; riscaldata nuovamente vien purificata con l'aggiunta del 2 per cento, in peso, d'acido solforico, che distrugge i carburi d'idrogeno diversi dalla paraffina. Poscia la si lava accuratamente con acqua e la si mescola col miglior fotogeno incolore, si introduce il miscuglio entro a cilindri a doppia parete

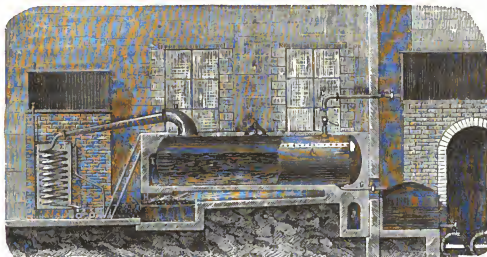


Fig. 270. DISTILLAZIONE DEL CATRAME DI CARBON FOSSILE.

mantenuti costantemente caldi quanto occorre per obbligare la paraffina a rimaner liquida ed in tale stato la si filtra attraverso al carbone

(1) La benzina del commercio risulta da un miscuglio, in proporzioni variabili di benzina, toluene, xilene, cumene, cimene e nafalina tutti composti di carbonio e d'idrogeno, circolano sovente in commercio col nomi di *fotogeno*, *olio solare*, *olio siderale* che, ardendo in apposite lampade, tramandano luce vivissima paragonabile a quella del gas illuminante; però l'uso di questi liquidi non va esento da inconvenienti, conviene adoperarli con cautela poichè a differenza degli oli vegetali, che non ardono se non coll'intermediario del lucignolo, gli oli leggeri di catrame si accendono ben più facilmente e la loro accensione può provocare lo scoppio del vaso che li contiene, causando in tal caso non poche disgrazie. — La benzina è un

animale. Per ultimo, ricorrendo a vapor acqueo ad alta temperatura, si scaccia completamente il fotogeno dalla paraffina.

liquido incolore, d'odore etereo quando è puro, ma d'odore poco sgradevole quando è mista ai carburi testè menzionati; entra in ebullizione ad 80°; raffreddata alla temperatura del ghiaccio fonde, si cristallizza e divien bianca opaca. Brucia con fiamma fulgida e brillantissima. Il perfezionamento dei processi di preparazione della benzina e la larga scala della sua produzione fecero sì che al presente costa circa fr. 0,70, mentre nel 1859 valeva 4 franchi al chilogramma.

(2) La paraffina è incolore, traslucida; fonde a + 50, però alcune qualità fondono anche a temperature inferiori, persino a + 45. Fusa rassomiglia allo spermaceo.

Si può ritrarre la paraffina anco dalle ligniti e dalla torba (1), quest'industria è assai sviluppata in Prussia e potrebbe esserlo anco in Italia giacchè la nostra penisola racchiude nelle sue viscere abbondanti quantità di torba e di lignite.

Colla paraffina si fabbricano candele diafane che bruciano con fiamma bianca, brillantissima e — quando son fabbricate con paraffina che fonde a + 60 — non si piegano neppure a + 30. Siffatte candele costano da fr. 2,50 a 3,50 il chilogrammo.

Inoltre la paraffina si aggiunge — nella proporzione di circa 20 per cento — all'acido stearico, per conferire alle candele di questa materia una pregevole traslucidità, e per renderle suscettibili d'una maggior levigatezza; si adopera ancora, per conferire lustro e levigatezza a certe stoffe, e per comporre alcune vernici.

La sostanza che oggi si chiama *benzina* fu scoperta dall'illustre Faraday nel 1825, studiando le materie oleose deposti nei recipienti ov'era stato tenuto il gas compresso (Vedi pag. 289). Nel 1845 Hoffmann dimostrò l'esistenza della benzina nel catrame del gas. Due anni dopo l'inglese Mansfield cominciò a ricavarla, da questo catrame, considerevoli quantità di benzina.

La benzina scioglie prontamente lo zolfo ed il fosforo, i corpi grassi, la cera, la resina, i catrami, le vernici e siccome non altera punto il tessuto delle stoffe, nè il loro colore e neppure la loro lucentezza, così è molto utilmente impiegata a disgrassare e levar macchie. Ma questa non è la principale applicazione industriale della benzina, chè questa sostanza è la base di due importanti industrie: la produzione d'essenze aromatiche e la preparazione dell'anilina; quest'ultima è pur fornita direttamente dalla distillazione dei catrami ma in quantità troppo piccola ed assolutamente insufficiente alle enormi richieste degli industriali, come vedremo fra breve.

Il chimico tedesco Mitscherlich studiando, nel 1834, l'azione dell'acido nitrico fumante sulla benzina, ottenne un nuovo corpo — cui diede il nome di *nitrobenzina* — dotato di odore particolare di mandorle amare. In Inghilterra, Leigh riconobbe che l'olio di carbon fossile può fornire un olio avente l'odore di mandorle amare, e Mansfield, nel 1847, fabbricò, per primo, la nitro-

benzina su scala industriale e la impiegò in luogo dell'essenza di mandorle amare per profumarne i saponi di lusso.

Collas, farmacista parigino, che preparava la nitrobenzina, le impose il nome di *essenza di Mirbano* che oggi è il più usato in commercio. Con 100 parti di benzina se ne ottengono da 130 a 135 di nitrobenzina (1).

Nel 1835 il chimico svedese Unverdorben, distillando l'indaco, ottenne, fra gli altri prodotti, una materia che per essere capace di formare, cogli acidi, dei composti cristallizzati, ei chiamò *cristallina*. Otto anni dopo il dottor Runge, chimico tedesco, notò nell'olio di catrame di carbon fossile la presenza d'una sostanza capace di formare cogli acidi, delle combinazioni saline, ed avente la proprietà di sviluppare, sotto l'influenza del cloruro di calce, una colorazione violetto-bluastro; a questa sostanza ei diede il nome di *Kyanol* od *olio blu*. Nel 1840, trattando l'indaco con potassa Fritzsche ottenne un olio basico che chiamò *anilina* (da *anil*, che in portoghese significa indaco). — Tre anni dopo, l'illustre Hoffmann — che a quel tempo era ancora praticante nel laboratorio chimico del celebre Liebig — riconobbe che la *cristallina*, il *Kyanol* e l'*anilina* erano la stessa cosa, la medesima sostanza, quindi per tutte fu accettato da allora in poi il nome di *anilina* (2). Intorno al 1842 il chimico Zinin riesci a ricavarla l'anilina anco dalla nitrobenzina: trattando quest'ultima con limatura di ferro o di zinco ed acido acetico o cloridrico o solfidrico, aggiunta alla mescolanza una certa quantità di soda caustica e sottoposto il tutto alla distillazione, rimane l'anilina: 100 parti di nitrobenzina ne forniscono circa 60 d'anilina. Questa sostanza ha attualmente altissimo pregio industriale poichè da essa ricavansi vaghissime materie coloranti che vanno in commercio sotto il nome di *colori d'anilina*; oltre ai sette colori fondamentali: rosso, ranciato, giallo, verde, azzurro, indaco e violetto, comprendono pure sva-

(1) • La nitrobenzina o essenza di Mirbano, è un liquido giallastro, di odore di mandorle amare, sapore zuccherino; cristallizza a + 3; bolle a 213 se pura, è insolubile nell'acqua, solubile nell'alcol e nell'etere. È un veleno narcotico. Nel 1859 costava 50 fr. al chilogrammo, presentemente si vende a fr. 1,75. •

(2) L'anilina greigia è un liquido brunoastro, un poco più pesante dell'acqua, ha odore forte, non sgrade, sapore acre e bruciante, bolle a 153°, esposto all'aria o alla luce divien bruno, è quasi insolubile nell'acqua. Si mescola in tutte le proporzioni all'alcol, all'etere, agli oli volatili, ecc. L'anilina distillata che nel 1859 valeva 40 fr. al chilogrammo, era già scesa nel 1867 a fr. 3,25 al chilogrammo.

(1) La lignite dà circa 3,9 % di paraffina, dal catrame di torba si ha il 20 % d'olio solare e 3/4 % di paraffina.

riatissime gradazioni intermedie. « E siccome (1) oggi tutta l'anilina, con che si fabbrica quella bella coorte di colori deriva dalla nitrobenzina, perchè la benzina, fra i prodotti della distillazione del carbon fossile è assai più abbondante che non l'anilina, così vi sono grandiose fabbriche per la produzione della nitrobenzina; basti citar quella di Casthelaz a Aubervilliers nella quale si trasforma giornalmente una tonnellata di benzina in nitrobenzina e in anilina.

« Le prime materie coloranti prodotte industrialmente coll'anilina sono state i *violetti d'anilina*. Quegli che il primo isolò la sostanza che produce la colorazione porpora (sebbene Runge l'avesse ottenuta) e che costituiva una materia colorante capace di essere fissata sopra i tessuti, fu il chimico inglese Perkin, allievo di Hoffmann, che prese un brevetto il 26 agosto 1856. È dunque il Perkin quegli che ha messo in evidenza il valore industriale dell'anilina.

« Il processo col quale il Perkin ottiene la materia per tingere in color porpora o lilla i tessuti di seta, lana, cotone, consiste nel trattare il solfato di anilina con bicromato di potassa; ometto tutte le pratiche con che si depura il prodotto, e si sbarazza dai corpi coi quali si trova associato. Questo violetto fu chiamato *indisina*, *violetta*, ecc.

« In seguito, diversi altri metodi furono proposti per ottenere il violetto d'anilina, adoperando ora cloruro di calce, ora biossido di manganese, ora cloro, ecc., ed ottenendo dei punti di tinta diversi, che vengono distinti con nomi speciali e talvolta bizzarri, così abbiamo il *violetto di Hoffmann*, che è il più bel violetto conosciuto; il *violetto di Parigi* e vari altri.

« Il violetto è forse il più importante fra i colori dell'anilina, ed è di tutte le materie coloranti derivate dal catrame (tranne il nero) la più solida, resistendo energicamente alla luce. — Il violetto d'anilina che nel 1859 costava fr. 500 il chilogrammo, costa ora da 35 a 100 franchi.

« Debbo avvertire che attualmente si fa una notevole differenza nel prezzo secondo che i colori d'anilina sono o no privi d'arsenico. Però una volta che si sa trovarsi in commercio colori d'anilina contenenti arsenico, non bisognerebbe esser tanto corrvivi, come pur troppo si fa oggidì, a colorire confetti, rosoli e simili coi bel colori dell'anilina.

(1) CAMPANI, Op. cit., pag. 44 e seg.

« *Rosso d'anilina*, detto *fuchina*, *azaleina*, *Solfertino*, *Magenta*, *roseina*, *rosanilina*; tutti nomi assai ben noti e avidamente ricercati dalla più bella metà del genere umano. — Sotto il punto di vista industriale la scoperta del rosso d'anilina risale al 1859, e si deve a Verguin, che l'ottenne trattando l'anilina col percloruro di stagno.

« Il processo Verguin fu acquistato dalla Casa Renard fratelli di Lione per 300,000 franchi, pagabili in 15 anni a rate di 20,000 fr. (Sentite un po' che movimento di capitali provoca all'estero questo antipatico catrame! ma quel che è peggio, in Italia, tutte queste le son cose che hanno ancora a nascere...!)

« Diversi sono oggi i processi per ottenere le molte gradazioni del rosso d'anilina; uno dei più vantaggiosi — suggerito da Medlock nel 1800 — consiste nel trattamento dell'anilina coll'acido arsenico; per questo processo l'acido arsenico è divenuto un articolo di grande consumazione. Gessert a Elberfeld, ne fabbrica molte migliaia di libbre al giorno. L'arsenico non è perduto nella produzione del rosso, ma si recupera aggiungendo ai liquidi la calce e riducendo poi l'arsenito di calce con carbone.

« Per la tintura si adopera l'idroclorato o l'acetato del rosso d'anilina o di rosanilina. La seta è tinta agitandola in una soluzione acquosa a bassa temperatura; per la tintura della lana è mestieri che la soluzione possegga temperatura indicata da 50 a 60 gradi del termometro centigrado. Il cotone, il lino e la canape, prima d'essere immersi nella tintura d'anilina devono essere trattati con mordenti organici, come l'albume del chiaro d'uovo o del sangue, il glutine e la caseina.

« Nel 1859 il rosso d'anilina costava 700 franchi al chilogramma, presentemente lo si trova a prezzi che variano dai 10 ai 50 franchi.

« *Blu d'anilina*. — Dopo gli studi chimici di Runge, Fritzsche, Hoffmann, e Becham, le materie coloranti *blu* assai stabili sono state ottenute da Girard e De-Laure nel 1861 e si conoscono coi nomi *blu di Parigi*, *blu di Lione*. Il processo consiste nel riscaldare fra 150 e 160 gradi un miscuglio d'idroclorato d'anilina secco e d'anilina commerciale, l'operazione si compie in 4 ore. — Il *blu* d'anilina allo stato solido ha un riflesso metallico di rame, è solubile negli alcoli etilico e metilico, meglio se acidulati con acido acetico. Si adopera largamente nella tintura e nella stampa del tes-

snti. — Presentemente costa da 35 a 120 franchi al chilogrammo, nel 1850 valeva 600 franchi.

« Nel 1830 i signori Gran-Calvert e C. di Maachester presero il primo brevetto pel verde d'anilina.

« Nel 1831 Gaignon di Lione prese il primo brevetto pel giallo ed arancio d'anilina.

« E nel 1833 De-Laize e Girard presero un brevetto per i bruni d'anilina, soprattutto per il color marrone, donde poi sono derivate le gradite varietà conosciute nel mondo della moda col nomi di *Avana*, *Bismark*, ecc. Nello stesso anno 1833 Lightfoot d'Accrington prese un brevetto pel nero d'anilina, la cui scoperta fissò vivamente l'attenzione dei fabbricanti di ladiase (tessuti in cotone a vari colori).

« Nel breve intervallo di sette od otto anni la chimica seppe adunque completare col catrame la tavolozza della più splendida scala cromatica.

« È bene osservare che per l'aspetto cristallino che presentano, per lo splendore metallico, spesso verde smeraldo, o di color del rame, le varie sostanze tintorie da noi enumerate presentano grandissimo contrasto con la materia originaria donde derivano. Notisi ancora quanto è grande il potere colorante di queste sostanze; ne basta un solo granellino per colorare una massa proporzionalmente grande di liquido; ma il fatto seguente ve ne darà più esatta idea.

« Perkin nel 1852 espose un cilindro solido di color violetto dell'altezza di 49 centimetri e del diametro di 23, si calcolò che la sua fabbricazione avesse richiesto 2000 tonnellate di carbon fossile, e che questa piccola massa di materia colorante basterebbe a tingere 500 chilogrammi di seta e per imprimere 100 miglia iaglies di mosolina, ossia una lunghezza di un po' più di 40 leghe.

« Le esperienze fatte fin qui hanno ammaestrato che per avere un chilogramma di fuchsina (arsenato di rosanilina) occorrono circa 3000 chilogrammi di carbon fossile. Ora tutte le officine a gas d'Europa, consumando circa 8 milioni di tonnellate all'anno di carbon fossile, potrebbero dare origine in ciascuna anno a circa 2,000,000 chilogrammi di fuchsina cristallizzata, i quali — al prezzo medio di 30 franchi al chilogramma — importerebbero 78,000,000 di franchi all'anno, levati dal catrame del carbon fossile.

« Ma la chimica non si è limitata a ricavare dal catrame soltanto la paraffina, l'anilina, la ben-

zina, ma seppe ritrarne ben altre materie ancora dalle quali ottiene speciali sostanze coloranti, non inferiori per pregi e utilità a quelle derivate dall'anilina.

« Queste altre materie di cui parlerò brevisimamente, sono l'acido fenico e la naftalina.

« L'acido fenico o fenolo fu scoperto da Runge nel 1834 negli oli pesanti del catrame del carbon fossile; la parola fenico viene dal greco e significa *fo* *istunino*.

« L'acido fenico fu prodotto per la prima volta su una scala industriale dal chimico tedesco Sell; oggi si ottiene trattando gli oli pesanti del catrame — il cui punto d'ebullizione è fra 150° e 250° — con una soluzione di soda o di potassa; il fosato di potassa o di soda che se deriva è successivamente decomposto col mezzo dell'acido cloridrico.

« I chimici sono riusciti a trasformare l'anilina in fenolo, ma la trasformazione inversa del fenolo in anilina (che costituirebbe un assai prezioso risultato) non è stato ancora conseguito, almeno industrialmente.

« L'acido fenico (1) cristallizzato vendevasi nel 1882 a 20 franchi al chilogramma, oggi costa da 2 50 a 3. »

L'acido fenico è un antisettico potentissimo, l'arte salutare ne fa abbozzantissimo uso; lo si impiega in soluzione nell'alcole che vien poi diluita nell'acqua, in ragione di 3 a 4 grammi d'alcole fenicato per ogni litro d'acqua. Quest'acqua fenicata è preziosissima per medicare le ferite d'ogni specie e particolarmente per le piaghe profonde, fetide e purulenti, con essa si lavano le piaghe, se ne inzuppano le fiasche e così le piaghe vengono preservate dalla risipola e da altre complicazioni contagiose. Recipienti d'acqua fenicata collocati nelle sale degli ospedali giovano a disinfettarle ed a rendere meno incomodo il rimanervi. Sciocquantandosi frequentemente la bocca con acqua leggermente fenicata si impedisce la formazione della carie nei denti e si arresta la carie incipiente. — L'acido fenico neutralizza il veleno dei serpenti e quindi viene vantaggiosamente impiegato come rimedio esterno per cau-

(1) L'acido fenico è solido; cristallizza in lunghi aghi incolori, fusibili da 31° a 32°; ha odore particolare che rassomiglia a quello del castoreo, aspro, nero e bruciato. Bolle a 186°. È poco solubile nell'acqua, molto nell'alcole, e nell'etere, è eccessivamente caustico, applicato sulla pelle la abbrucia. È acuto alla carta di tornasole. — Il cloruro di calcio in soluzione determina una colorazione blu nell'acqua fenico addizionato d'una piccola quantità d'ammoniaca.

terizzare le ferite velenose. Si è pure incominciato ad impiegarlo nelle malattie interne. I vantaggiosi risultati già conseguiti su questa via permettono di pronosticare che l'uso di questa sostanza come rimedio interno andrà rapidamente estendendosi.

Risulta da un gran numero d'esperienze che la porzione quotidiana, per un adulto non deve contenere più di 15 gocce d'alcole fenicato diluito in 130 grammi d'acqua. In questa proporzione l'acido fenico è già un profondo soporifero e, da questo sembra, determina l'insensibilità. Fu già adoperato per uccidere i vermi intestinali e per distruggere i varii parassiti che talvolta attaccano la pelle dell'uomo. In tutti questi casi l'acido fenico riesce utilissimo.

Il catrame di carbon fossile che dà origine all'acido fenico tanto efficace a sanare le ferite serve del pari a produrre formidabili polveri fulminanti che possono provocarne e ben a ragione lo si può paragonare alla lancia d'Achille che apriva le ferite e nel tempo stesso le guariva.

Nel 1788 il chimico Haussmann di Mulhouse trattando l'indaco coll'acido nitrico ricavò per primo una sostanza molto amara che nominò *amaro d'indaco*; nel 1800 il chimico Chevreul riconobbe che queste sostanze è un acido e la chiamò *acido picrico* (dal greco *picros*, amaro); i chimici moderni riconobbero che questa sostanza può essere ricavata dall'acido fenico, assoggettandolo all'azione dell'acido nitrico; se ne ottengono lamine brillanti di color giallo limone, amarissime e poco solubili nell'acqua; dotate di potere colorante considerevolissimo e capaci di dare tutte le gradazioni dal giallo paglia al giallo mais. — Mercè opportuni eguali riduttori si possono dall'acido picrico ricavare materie coloranti rosse, violette e blu.

L'applicazione industriale dell'acido picrico, che sembrava limitarsi all'arte tintoria, divenne ben più importante quando si riconobbe che in alcuni casi, posto a contatto d'una fiamma esplode con gran forza e che con l'aggiunta d'alcune basi, come la potassa o l'ammoniaca, produce salti eccessivamente esplosivi. I chimici Designolle e Casthelez, in un brevetto preso il 3 dicembre 1847, indicarono processi da essi ideati per ricavare nuove polveri esplosive mercè il picrato di potassa od a base metallica.

Una prima specie di polvere si compone d'una mescolanza di picrato di potassa, salnitro e car-

bone; è una materia nera che si infiamma assai facilmente e che presenta notevole superiorità sull'ordinarie polvere da cannone, poichè aumenta il potere ballistico senza aumentare le forze dilantiatrici: non contiene zolfo e perciò non produce idrogeno solforato, gas velenosissimo, non esercita alcuna azione corrosiva sui metalli e la sua combustione si effettua senza fumo.

Una seconda specie detta *polvere d'infanteria* è composta di picrato di potassa e salnitro; questa polvere serve a preparare le tanto giustamente temute torpedini sottomarine che possono frantumare le navi più gigantesche; la si impiega anche a vantaggio della civiltà e del progresso per l'esplosione delle mine destinato ad aprire profonde trincee o sotterranee gallerie.

Ritornando all'acido fenico vogliamo dire ancora che oltre all'acido picrico testè menzionato, esso somministra anche altre materie coloranti, cioè le *Peonina*, che ha il colore dei fiori di *Peonia*, le *corallina* che tingono in rosso corallo e l'*azulina* o *blu di fenolo*, atta a tingere in bel blu le setole e la lana; tutte queste materie sono state scoperte da Persoz figlio, negli anni 1850 e 1860.

Ma non abbiamo ancor finita l'enumerazione delle sostanze che il chimico ritrae dal catrame; dobbiamo accennare ancora la *naftalina*, sostanza bianca e splendente scoperta da Garden nel 1820. — Ad un certo periodo della distillazione del catrame del carbon fossile si raccoglie un olio giallo che raffreddato a 10 gradi sotto lo zero depone quantità notabile di naftalina; si purifica questo prodotto greggio sottoponendolo in prima ad una forte pressione che lo sbarazza dell'olio che lo imbratta e facendogli poscia subire la sublimazione. — La naftalina (1) costa attualmente circa 3 fr. al chilogrammo. — Anco da questo prodotto della distillazione del carbon fossile sono state ottenute numerose materie coloranti, gialle, rosse, blu e violette; fra quest'ultime si può citarne una, che è dovuta ad un chimico italiano, la *Naftammina*, scoperta da Piria nel 1851. Peraltro i colori derivati della naftalina non hanno offerto caratteri tali di solidità e di splendore da permettere l'applicazione.

« Le materie coloranti (2) di cui è stato fin qui

(1) La naftalina è incolore, ha odore di catrame, cristallizza in tavole. fonde a 79°, distilla a 220°, è insolubile nell'acqua fredda, poco nell'acqua bollente, si scioglie nell'alcole e nell'etere.

(2) CAMPANI, Op. cit., pag. 55 e seg.

pariato hanno di già ricevuto vaste e svariate applicazioni, come lo dimostra la larga scala della loro fabbricazione; così impiegarli per la tintura della seta, lana, cotone e lino, per quella dei tessuti stampati, come per fabbricar lacche, per tingere materie grasse e conseguentemente gli oli della tipografia e della litografia, non meno che per preparare incliostri da scrivere diversamente colorati.

« Sempre in grazia delle ricerche della chimica si sa oggi che materie coloranti si possono ottenere da altri prodotti che non sono il catrame del carbon fossile. Nel catrame ottenuto dalla distillazione della polpa di mele e pere esiste benzina, acido fenico, paraffina ecc.; questo catrame trattato con acido azotico, fra gli altri prodotti, è capace di dare l'acido picrico. — Col catrame del legno, Reichenbach ha già ottenuto una materia colorante blu.

« È inutile avvertire che di queste materie prime, fra noi è piuttosto dovizia che no; tuttavia si sta inoperosi.

« Più recentemente, nel 1866, Radisson a Lione,

ha preso un brevetto pel colori rossi, gialli, blu, violetti, verdi e neri, che ottiene facendo agire l'acroleina sull'aniilina o sulla rosanilina. Ciò apre una nuova via all'industria delle materie coloranti; in quanto che l'acroleina è un prodotto a buon mercato, non costando la materia prima donde essa si ricava, cioè la glicerina, più di 110 a 120 fr. il quintale. — E qui pure è da notare che la glicerina si ritrae dalle materie grasse (olio, sevo, ecc.), la produzione delle quali in Italia è assai rilevante.

« Tutto quanto per sommi capi abbiamo passato in rivista non esisteva o esisteva appena tredici anni or sono; tuttavia la produzione delle molte fabbriche, sorte e funzionanti in questo corto periodo di tempo, si valuta a più centinaia di milioni di franchi! »

In regione di tali immensi vantaggi risultanti dallo studio della chimica noi ci crediamo in dovere di raccomandarne calorosamente lo studio ai nostri giovani lettori e confidiamo nella gratitudine di quelli fra loro che vorranno seguire la nostra raccomandazione.

VIII.

Influenza dell'illuminazione a gas sull'illuminazione domestica. — Gli idrocarburi liquidi: il gasogeno e l'olio di schisto; pericoli e cautele per evitarli. — L'olio di Seneca e le sue virtù terapeutiche. — Felice idea del dott. Brewer. — Le sorgenti di *Oil Creek* ed il fortunato Drake. — La febbre del petrolio. — Produzione di petrolio nell'America settentrionale. — Trasporto del petrolio; barili di legno e recipienti metallici. — Purificazione del petrolio greggio. — Sperienze necessarie per riconoscere la bontà del petrolio. — Struttura delle lampade a petrolio. — Cautele raccomandate.

Quando la luce del gas di carbon fossile, trionfando dei pregiudizi e del malvolere con cui fu accolta ne' suoi primordi, incominciò a diffondersi nelle città ed il pubblico ne apprezzò lo splendore, le candele e le lampade ad olio sembrarono insufficienti all'illuminazione domestica; il pubblico abituatosi alla splendida luce del gas illuminante chiedeva alla scienza ed all'industria una sostanza che pur permettendo il facile trasporto, da luogo a luogo, dell'apparato illuminante, presentasse luce eguale a quella del gas.

« La chimica (1) aveva già dimostrata la possibilità di surrogare l'olio vegetale ed il gas con liquidi, formati — a somiglianza del gas — di carbonio e d'idrogeno, e che pel loro mite prezzo potevano dare un'illuminazione più economica. L'essenza di trementina, gli oli minerali di nafta

e di petrolio, quelli che si ottengono dalla distillazione di alcuni schisti bituminosi (come il *dog-head* già menzionato a pag. 280) esistono abbondantemente in natura e possono essere vantaggiosamente impiegati nell'illuminazione. Tuttavia questi liquidi, eminentemente volatili, molto più infiammabili degli oli vegetali, contengono poco o punto ossigeno e perciò non possono essere abbruciati nelle lampade ordinarie che servono alla combustione degli oli vegetali. Per utilizzare gli oli minerali — detti collettivamente *idrocarburi liquidi* — era quindi mestieri ideare lampade di forma speciale.

« Questa difficoltà fu ben presto superata; le lampade destinate alla combustione degli idrocarburi liquidi non lasciano nulla a desiderare. La fig. 271 rappresenta la lampada impiegata per l'illuminazione col *gasogeno*; il beccuccio è del

(1) FROSTEN, Op. cit. Tom. IV, pag. 170 e seg.

più semplici. Un lucignolo di cotone, i cui fili non sono attorcigliati, viene introdotto in un tubo di rame che pesca nel liquido, questi si innalza per capillarità nei fili del lucignolo che però non giunge fino alla sommità del tubo di rame. Riscaldando quest'ultimo, il liquido in esso racchiuso si trasforma in vapore che si infiamma non appena gli si accosti un corpo acceso. Per riscaldare il tubo di rame e determinare una prima evaporazione del gasogeno si può ricorrere ad esempio a questo metodo: si piglie un anello di rame e riscaldatolo in un modo qualunque — ad esempio facendo abbruciare alla sua superficie un po' di gasogeno — lo si applica sulle som-



Fig. 271. LAMPADA A GASOGENO.

mità del tubo di rame; per la grande conducibilità del rame pel calorico tutto il tubo si riscalda ed il liquido in esso racchiuso si trasforma in vapore, infiammando quest'ultimo il tubo si riscalda ulteriormente e perciò determina una ulteriore evaporazione del gasogeno liquido che passa quindi ad alimentare la fiamma, e questa si mantiene splendidissima sulle sommità del tubo di rame finché il lucignolo — in virtù della capillarità — continua a sollevare gasogeno.

« Ma cos'è il *gasogeno*? Queste sostanze — impropriamente chiamate *gas liquido* — è una mescolanza d'alcole o d'essenza di trementino, liquidi infiammabilissimi entrambi, la cui mescolanza arde con vivissima luce. La trementina

sole darebbe fiamma molto fuliginosa, l'aggiunta dell'alcole serve ad eliminare quest'inconveniente. — Il gasogeno non è economico per l'alto prezzo dell'alcole, milita però a suo vantaggio la completa assenza d'odore di questa sostanza, anche durante la combustione. Fatalmente l'*illuminazione al gasogeno è pericolosissima* per l'eccessiva infiammabilità dei due liquidi che lo compongono. Anzi fra tutti i liquidi che possono infiammarsi direttamente, che possono cioè ardere anche senza l'intermediario del lucignolo, il gasogeno è il più pericoloso di tutti; per buona sorte esso è ben poco adoperato.

« Qui dobbiamo notare che gli oli vegetali non essendo direttamente infiammabili — non potendo cioè ardere senza l'interposizione del lucignolo acceso, alla cui sommità si trasformano in vapori — non presentano alcun pericolo e possono essere impunemente custoditi nei magazzini e nelle case; all'incontro gli oli ricavati dagli schisti bituminosi e gli oli leggeri e volatili ottenuti dalla distillazione del catrame di carbon fossile richiedono, da parte dei consumatori, numerose precauzioni ed assidua vigilanza, senza di che possono dar luogo ad incendi ed esplosioni formidabili. Poche gocce d'olio vegetale che sfuggono da un recipiente sono una perdita quasi insignificante che non dà nulla a temere, se invece sfuggono da un vaso contenente alcuno degli oli minerali summenzionati, possono essere l'origine di gravissime sciagure; basta infatti lasciar cadere incautamente un zolfanello acceso nel rigagnolo formato da quelle gocce d'olio minerale per destare con la rapidità del baleno un incendio che tosto si propaga dal rigagnolo al recipiente, e che comunicandosi a quest'ultimo ne riscalda il contenuto che rapidamente si trasforma in vapore ed esplode. Ecco il vizio capitale di tutti i liquidi che ardono direttamente, perciò nelle officine e nelle fabbriche illuminate con essi le lampade sono immobilmente fissate alle pareti ed al soffitto delle stanze come nell'illuminazione a gas. Tuttavia ad onta di queste precauzioni accadono assai frequenti sventure sia nel riempire le lampade, sia per rottura dei recipienti od altro e perciò questi liquidi pericolosi dovrebbero essere esclusi assolutamente dall'interno delle abitazioni e dovrebbero essere tollerati soltanto per l'illuminazione delle vie, dei cortili, di locali all'aria aperta.

« Gli oli di schisto furono quasi completamente

detronizzati in questi ultimi anni per l'improvvisa ed abbondante comparsa sui mercati europei d'un liquido minerale di mitissimo prezzo somministrato in enorme quantità da alcune fortunate regioni dell'America settentrionale, nelle quali basta forare il terreno per vederne zampillare un continuo getto del liquido che ormai corre sulla bocca di tutti col nome di *petrolio*.

« Le prime sorgenti di petrolio furono scoperte in America intorno al 1838, e siccome questo liquido si presta egregiamente all'illuminazione e non è direttamente infiammabile — quando si abbia la precauzione di privarlo, con ripetute distillazioni ed un'opportuna purificazione, degli idrocarburi volatilissimi che contiene — così esso accorda sufficiente sicurezza come sostanza illuminante. Perciò il petrolio si diffuse assai rapidamente non solo in America, ma ben anco in Europa ove, grazie al suo mite prezzo ed ai successivi perfezionamenti introdotti nella sua purificazione, penetrò tanto nelle più modeste quanto nelle più ricche abitazioni. »

Il petrolio era universalmente conosciuto ben prima del 1838, esso veniva raccolto fin dalla più remota antichità in Persia, sulle rive del Mar Caspio, sulle rive del Mar Morto in Palestina, ed in età meno remote, nei nostri Appennini ed altrove, in generale ove riscontransi i getti di gas infiammabile precedentemente menzionati (pag. 268). Abbondanti sorgenti di petrolio esistono in Asia, nell'impero dei Birmani: intorno al 1845 gl'inglesi si assunsero colà la direzione dei lavori, perfezionarono i sistemi d'estrazione dell'olio minerale, lo esportarono in Europa ed in breve 100,000 litri d' *otto di Rangun* furono annualmente importati in Inghilterra. Colà venivano distillati e purificati e poscia partivano per vari mercati europei; quella quantità era però ben piccola rispetto alla grande ricerca che ne veniva fatta dai consumatori.

« I primi europei che sbarcarono nell'America settentrionale trovarono sorgenti di petrolio, gli indigeni conoscevano già questo liquido e lo adoperavano come medicinale. Le sorgenti più stimate erano quelle che sussistono anco al presente sulle rive del lago Seneca. Di là venne il nome d' *otto di Seneca* col quale gli Americani fino a pochi anni or sono, chiamavano il petrolio. Per molti e molti anni l' *otto di Seneca* visse della sua modesta reputazione terapeutica, nessuno pensava a trarne qualche partito industriale; di

quando in quando qualche naturalista annunciava la scoperta d'una nuova sorgente d' *otto di Seneca* in Pensilvania, in Virginia od altrove, ma nessuno ci badava.

« Intorno al 1830 un proprietario di Burksville, nel Kentucky, faceva forare un pozzo sperando rinvenirvi acqua salsa. A 60 metri di profondità il trapano forò una roccia durissima dalla quale scaturì un getto liquido che zampillò a quattro metri d'altezza; ma non era acqua salata! era olio infiammabile. Fin dai primi istanti il getto fu abundantissimo; il liquido scese nel fiume Cumberland e vi galleggiò. Alcuni burloni vi appiccarono il fuoco e si vide allora un'ampia corrente di fiamme agitarsi sul fiume ed incendiare gli alberi che ne vestivano le sponde.

« Nel 1853 il dottor Brewer ebbe un'idea che allora parve assai singolare. Pensò di valersi dell' *otto di Seneca* per l'illuminazione. Fino allora il buon dottore aveva prescritto il liquido nauseante ai suoi malati soltanto; faceva inzuppare in esso i pannolini coi quali fasciava i pazienti. Ei volle pur sperimentarlo come sostanza illuminante e riconobbe che anco impiegandolo allo stato greggio, senza alcuna purificazione, se ne otteneva fiamma tranquilla e brillante che non spandeva né fumo né odore.

« L'anno seguente il dottore formò una società per l'industria del petrolio e raccolse i necessari capitali; con questi acquistò terreni, forò pozzi, raccolse abbondanti quantità di petrolio, ma poi si trovò molto imbarazzato, poichè nessuno voleva acquistare quest'ignota merce; però in capo a due anni — nel 1856 — grazie alla sua perseveranza riescì a vendere parecchie centinaia di barili di petrolio, tratto da Kenhaven in Virginia, depurato col metodo già in uso in Inghilterra per purificare il petrolio di Rangun.

« A partire da allora gl'industri Americani finitarono l'affare: impresero ricerche in vari punti e ben presto si seppe che nei territori del settentrione, si incontravano numerose sorgenti di petrolio.

« Nel 1858 in una solitaria vallata della Pensilvania, solcata da un piccolo rigagnolo — affluente dell'Allegany — oggi conosciuto col nome di *Oil-Creek*, un fittaiuolo, per nome Drake, aveva fatto forare un pozzo artesiano, profondo circa 20 metri, per cercare una sorgente d'acqua salsa. L'acqua ch'ei cercava non comparve, comparve invece inaspettatamente il petrolio; il getto

liquido si sprigionò tanto abbondante e con tale veemenza che poco mancò non sommergesse i cinque o sei operai occupati in quel lavoro. È facile immaginare la sorpresa, l'emozione, la gioia degli attori di quella scena. La sorgente dava ben 4000 litri di petrolio al giorno! Tenuto calcolo del prezzo dell'olio di Seneca, Drake poteva dirsi ben fortunato.

« La novella dell'inaudito avvenimento si sparse con la rapidità del baleno nei vari Stati dell'U-

nione americana; e come alla scoperta dei *placer* auriferi della California gli Americani erano dominati dalla *febbre dell'oro*, così all'annuncio della singolare fortuna toccata a Drake tutti furono invasi dalla *febbre dell'olio*.

« Il lettore potrà formarsene un'idea scorrendo questo brano d'una gazzetta americana di quell'epoca:

« Un nugolo d'avventurieri si è scagliato su questa nuova Terra Promessa e si è messo a forar pozzi in



Fig. 272. SORGENTI DI PETROLIO IN PENNSILVANIA.

tutti i punti. Le spese d'impianto son minime; bastando comperare o prendere in affitto una porzione di terreno il cui valore aumenta ben presto.

« Il centro del territorio così frequentato è Clintockville, a 12 miglia da Titusville. Il signor Clintock, felice possessore d'alcune centinaia d'acri di terra, fece in pochi mesi una lautissima fortuna; la sua casa, che per molti anni era l'unica in un circuito di parecchie miglia, è ognor piena di viaggiatori; ogni stanza contiene quattro o cinque letti e questi non bastano, tutto il pavimento è coperto da materassi. Presentemente il signor Clintock fa costruire un vasto edificio per dare alloggio ai numerosi esploratori; sembra d'essere in mezzo agli accampamenti della California; ovunque veggonsi carpentieri intenti a costruir capanne e tettoie che non tarderanno molto a cedere il posto ad una fiorente città. »

Successivamente si scopersero laghi sotterranei di petrolio negli Stati d'Ohio, Maryland, Virginia, Georgia, Alabama, Tennessee, Kentucky e persino in California. Ricchissime sorgenti di petrolio si rinvennero pure in Ennis-Killen nel Canada; queste e quelle della vallata d'Oil-Creek in Pensilvania costituiscono i centri più importanti per la produzione del petrolio. — Crediamo di non esagerare fissando a diecimila il numero di pozzi dai quali il sottosuolo dell'America del Nord sprigiona presentemente il petrolio. Nella sola Pensilvania, al 1° gennaio 1870 si numeravano

1800 pozzi produttivi, contro 1200 che esistevano al 1° gennaio 1869; in quell'epoca si contavano nelle Pensilvania 182 pozzi in via di perforamento, un anno dopo i pozzi in via di perforamento ascendevano così a 378.

La produzione totale di petrolio nell'America settentrionale fu, nel 1868, di 3,905,000 barili e di 4,818,000 nel 1869; questi quantitativi vanno ripartiti come segue:

	1868	1869
Pensilvania.	barili 3,215,000	barili 3,215,000
Virginia e Ohio	155,000	295,000
Canada (circa)	100,000	210,000
Kentucky	25,000	27,000

« Nel primordi della ricerca, il petrolio vendesi nei luoghi d'estrazione a 15 centesimi al litro, però l'abbondanza della merce ne fece ribassare il prezzo fino a 5 centesimi; ciononostante vi ha ancora un bel lucro per chi ne raccoglie da 40 a 50,000 litri al giorno. Ciò vale a chiarire come terreni che nel 1859 valevano appena 125 franchi l'acro (1), abbiano oggi il valore di 75,000 e persino 100,000 franchi. I cercatori di petrolio che non sono abbastanza ricchi per comperarsi un lembo di terra tanto costosa la prendono in affitto per 50 anni e cedono al proprietario la terza parte del prodotto. — Il prezzo del petrolio aumenta poi considerevolmente in ragione delle ingenti spese richieste per trasportarlo dalla sorgente al porto di mare più prossimo, e quindi per fargli attraversare l'Atlantico; notisi poi che gli armatori esigono — per trasporti di petrolio — nolo triplo di quello in uso per altre merci, poiché un bastimento che sia stato adoperato a trasportare quest'olio naseando è improprio a qualsiasi altro trasporto, convien farlo ritornar vuoto in America.

« La massima parte del petrolio è tuttora trasportata in barili di legno cerchiati di ferro, capaci di 200 a 230 litri; solo da poco tempo si incomincia a spedirlo in recipienti parallelepipedi di metallo. Trasportandolo in barili di legno si va incontro a gravi inconvenienti ed a gravissimi pericoli. Il petrolio è talmente fluido che scola a poco a poco verso alle giunture più accurate; e così, durante la traversata, enorme quantità di petrolio si accumula nella stiva, coi grandi calori questa perdita raggiunge persino il terzo del totale. Facilmente si immaginano i pericoli che

corre una nave la cui stiva è ripiena di vapori infiammabili, un fiammifero semispento, od una scintilla che cadano in mezzo a quei vapori bastano a determinare un'esplosione e formidabile incendio. Le casse parallelepipede a pareti metalliche possono invece essere chiuse ermeticamente, non lasciano fuggire neppure una goccia di petrolio, e così è eliminato l'incomodo odore ed il pericoloso svolgimento di vapori infiammabili. Giova avvertire che diligenti sperienze, pubblicate nel 1869 dal chiarissimo fisico Saint-Claire Deville, dimostrano che il petrolio si dilata considerevolmente per effetto del calore. Il coefficiente di dilatazione di quest'olio minerale è triplo o quadruplo di quello posseduto dalla maggior parte dei liquidi; da ciò risulta che le casse metalliche destinate al trasporto del petrolio non devono essere riempite interamente, poiché altrimenti durante le giornate calde, o quando il bastimento attraversa le regioni equatoriali — ove la temperatura è sempre molto alta — l'eccessiva dilatazione del petrolio imprigionato farebbe scoppiare le casse con grave pericolo pel bastimento o pel magazzino. »

Sul mercato di Liverpool il petrolio greggio si vende a circa 40 franchi al quintale metrico; a Genova — per la maggior lunghezza del tragitto — il prezzo è alquanto maggiore, ascende a circa 52 franchi al quintale.

« Il petrolio greggio non potrebbe servire alla illuminazione per gravi rischi ai quali esso esporrebbe i consumatori, perciò esso vuol essere accuratamente purificato. Quando scaturisce dalla sorgente è di colore giallo, oscuro o verdastro, d'odore nauseante. Introdotta una certa quantità di petrolio greggio in un lambiccio ordinario e riscaldando il liquido lentamente e progressivamente si ottengono successivamente, mercè la distillazione, varie sostanze dotate di maggiore o minore volatilità. Anzitutto veggonsi sollevarsi bollicine di gas idrogeno bicarbonato — la cui costituzione è identica a quella del gas illuminante — le quali trovavansi in soluzione nel petrolio che l'aria trovasi in soluzione nell'acqua potabile. Poiesi si raccoglie, nel lambiccio, dell'acqua mista ad essenze d'odore empireumatico; vien quindi un olio leggero color d'ambra, è l'olio di nafta. Quest'olio può scogliere il cantaculi, le gomme e le resine, e perciò è impiegato in molte industrie in sostituzione del solfuro di carbonio, troppo nocivo alla salute degli operai.

(1) 1 acro corrisponde a 0,405 ettari, perciò 5 acri eguagliano circa 2 ettari.

— All'olio di nafta tien dietro la *benzina*, liquido prezioso, da noi già menzionato (pag. 297). Si raccoglie poscia l'*olio illuminante di petrolio* che è appunto il componente più atto all'illuminazione. Si ottengono quindi successivamente: l'olio pesante e grasso che non servirebbe all'illuminazione ma che è eccellente per ungere le macchine, e come combustibile per le caldaie a vapore. Per ultimo si otterranno la naftalina e la paraffina che, come si è già detto, servono a fabbricare bellissime candele. In fondo alla storta rimane pece, che mista a minuzzoli di carbone (pag. 295) dà ottimo combustibile.

« Generalmente nelle raffinerie di petrolio la distillazione non è condotta con tanta cura. Con una prima operazione si separa il petrolio in tre prodotti: 1.° le essenze leggere ed al tempo stesso molto infiammabili, che sono la causa d'esplosioni e d'incendi che pur troppo accadono ove si fa uso di petrolio imperfettamente purificato; 2.° l'olio atto all'illuminazione; 3.° gli oli pesanti. Con una seconda operazione si distillano nuovamente gli oli pesanti e se ne ritraggono l'olio da unger macchine e la paraffina. »

L'olio illuminante vien poscia introdotto in bacini ove lo si mescola con acido solforico ed una soluzione di carbonato di soda; mantenendo in agitazione questa mescolanza, l'olio illuminante abbandona le sostanze coloranti e perde il suo ingrato odore; si raccoglie l'olio così purificato, lo si lava in ampi tini pieni d'acqua e la purificazione riesce completa.

« Disgraziatamente (1) la cupidità del raffinatore disonesto, che non può vendere le essenze leggere a prezzo così alto come il petrolio puro, non le separa da questo che in minor quantità possibile, poco curandosi delle terribili conseguenze della sua imperfetta raffinazione. Questo sistema di frode essendo, per così dire, un attentato proditorio alla vita d'ogni cittadino, ha fatto sì che il braccio tutelare della legge ha dovuto intervenire per la protezione del pubblico con savie misure, tendenti a rendere innocuo per tutti l'uso di un articolo sì eminentemente adatto alla economia domestica.

« Tale disposizione governativa ebbe per oggetto il determinare quali siano le condizioni in cui il petrolio può essere considerato immune

dal pericolo di esplosione o di incendio, in qualunque periodo della sua manipolazione, sia nel grande commercio, come nel dettaglio e nell'uso giornaliero delle famiglie, e quindi il subordinare a quelle condizioni la legalità dello smercio dell'articolo.

« Dopo accurati studi, si giunse alla conclusione che la sicurezza nell'uso del petrolio dipende interamente dal grado di temperatura a cui esso diventa infiammabile al semplice contatto di una fiamma qualunque. Per conseguenza, escludendo dal commercio ogni petrolio il cui grado di temperatura infiammabile è al disotto di un limite sicuro, si arriva all'oggetto desiderato.

« Questo limite è stato fissato dalle Autorità di qui a 110 gradi Fahrenheit (1), cioè, se il petrolio riscaldato a questa temperatura non s'incendia al contatto di una fiamma qualunque, si deve considerare perfettamente sicuro. Infatti non sembra possibile che in un locale ove si faccia uso o deposito di petrolio, l'atmosfera possa mai raggiungere una temperatura di 110 gradi Fahrenheit; nè tampoco che l'olio possa mai essere riscaldato a tal grado, in una lampada qualunque, dalla fiamma che lo consuma.

« Per determinare la temperatura del petrolio si fa quel uso di una macchinetta, espressamente inventata, che rende l'operazione facile ed infallibile.

« I depositi di petrolio, crudo come raffinato in grandi quantità, non sono permessi qui che al di fuori dei limiti della città, ed i magazzini di deposito devono essere fabbricati di pietra, di mattoni o di ferro, ed isolati da case di abitazione. Oltre a ciò, ogni porta d'ingresso ai detti magazzini deve avere una soglia alta due piedi (circa m. 0,60) al disopra del livello del pavimento interno, onde impedire il traboccamento dei liquidi in deposito, in caso d'accidente.

« Sempre inteso però che non si ammette a deposito petrolio raffinato, la cui gradazione è al disotto di 110 gradi (F).

« Il petrolio crudo è naturalmente pericoloso, perciò non si dovrebbe permetterne il deposito in grandi quantità eccettochè nei locali occupati dalle raffinerie. »

La fig. 273 rappresenta il semplice apparato che serve a sperimentare la bontà del petrolio. Quest'apparato si compone d'un fornello ad alcole col quale si riscalda l'acqua contenuta nel

(1) Da lettera indirizzata da Nuova-York, il 21 marzo 1870, dal signor Dr. Leca, Console Generale d'Italia negli Stati Uniti d'America, al sindaco di Genova, pubblicata dall'*Economista*.

(1) 110° F. corrispondono a 43° C.

sovrastante-recipiente anulare, quest'ultimo circonda un recipiente più piccolo che si riempie di petrolio, in esso si immerge il bulbo d'un termometro appeso ad apposito uncino. Al principio dell'operazione l'acqua ed il petrolio hanno la temperatura dell'aria circostante, ma accesa la fiamma ad alcool, l'acqua si riscalda gradatamente e trasmette calorico al petrolio, la cui temperatura è ad ogni istante indicata dal termometro in esso immerso.

Non potendo disporre di quest'apparato, si può riconoscere come ora diremo se il petrolio che si vuol acquistare è o no pericoloso; se ne versa alquanto in un piattello e si tocca il liquido con fiammifero acceso. Il petrolio è buono quando la fiamma si spegne a contatto del liquido, è invece di cattiva qualità e conviene inesorabilmente rigettarlo se l'incendio si propaga nel petrolio. Aggiungiamo infine che un litro di petrolio di buona qualità non deve pesare meno di 800 grammi.

Le lampade destinate all'illuminazione a petrolio compongonsi di tre parti principali: il recipiente, il lucignolo ed il caminetto. — Il recipiente può ricevere qualsiasi forma, può essere

di metallo, di porcellana o meglio ancora di vetro trasparente allo scopo di poter riconoscere in ogni istante ed a colpo d'occhio a quale altezza trovasi il livello del liquido, poichè importa che la distanza fra il livello del liquido e la fiamma non superi mai i 10 centimetri, in caso diverso la capillarità del lucignolo non sarebbe sufficiente a far salire tutto l'olio necessario ad una buona illuminazione; se invece il livello fosse troppo alto, l'olio affluirebbe troppo abbondantemente nel lucignolo, non tutto potrebbe essere consumato dalla fiamma e la lampada darebbe odore.

Il lucignolo può esser piatto o cilindrico come nelle lampade all'Argand; i lucignoli cilindrici, che danno origine a doppia corrente d'aria, producono fiamma più splendente di quella ottenuta

dai lucignoli piatti; tuttavia questi ultimi sono più usati poichè la costruzione della lampada riesce più semplice — e quindi più economica — e la pulitura più agevole.

Il *becuccio* a lucignolo piatto (fig. 274), detto anche *americano*, si compone: d'un tubo schiacciato nel quale scorre il lucignolo; d'un cilindro di rame strozzato verso il mezzo, la cui base allargandosi riceve il caminetto di vetro, e per ultimo d'un cappelletto sferico nella cui sommità è praticata una fessura longitudinale che lascia passare la fiamma.

La fig. 275 rappresenta in sezione codesto beccuccio: M è il lucignolo che scorre nel tubo di rame schiacciato; il bottone B applicato ad un'asticella orizzontale — sulla quale sono fissate due piccole ruote dentate che penetrano nel lucignolo — serve a sollevare o d'abbassare il lucignolo; C è il cappelletto metallico, gonfio alla base, ristretto in sommità per dirigere convenientemente i vapori verso la fessura d'uscita. L'aria necessaria alla combustione giunge nel cappelletto C attraversando un gran numero di forellini praticati nella parte rigonfia D D del cilindro di rame.

Il caminetto di vetro serve, come già sappiamo (pag. 265), ad attivare la corrente d'aria necessaria alla combustione; falsamente il vetro è soggetto a spezzarsi particolarmente nei primi istanti poichè allora i singoli suoi punti si riscaldano inegualmente e quindi la dilatazione non può riescire uniforme. È prudente tener bassa la fiamma nei primi istanti per alzarla poi a poco a poco, a misura che il vetro si riscalda.

È facile rendersi conto del perchè la fiamma riesce tanto più grande e splendente quanto più alto è il lucignolo: l'unica forza che fa giunger l'olio alla sommità del lucignolo è la capillarità. Se ogni punto del lucignolo fosse egualmente imbevuto d'olio, il movimento ascensionale cesserebbe come avviene a lampada spenta. Ma non appena la combustione, manifestandosi nella porzione libera del lucignolo, sottrae ad essa il petrolio, l'equilibrio riesce alterato; l'olio sottostante s'innalza nei punti disseccati e per conseguenza la quantità di petrolio consumata aumenta in proporzione con la superficie evaporante, ossia coll'altezza libera del lucignolo.

Il cappelletto metallico ha l'ufficio di spingere tutta l'aria a contatto con l'olio evaporato; oltre a ciò i due labbri della fessura, fortemente ri-



Fig. 274.
APPARATO
PER Sperimentare
IL PETROLIO.

scaldati, irradiano calorico sulla sommità del lucignolo e concorrono ad aumentare l'evaporazione.

In generale le lampade che servono ad ardere



Fig. 271. LAMPADA
A PETROLIO.

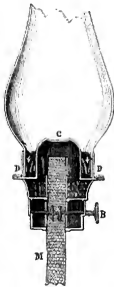


Fig. 272. SEZIONE D'UNA LAMPADA
A PETROLIO.

l'olio minerale di qualunque specie, non devono avere nè screpolature, nè fenditure che comunichino direttamente colla cameretta dove funziona

il lucignolo. Il serbatoio deve contenere quantità d'olio superiore a quella necessaria al consumo di volta in volta, tanto che la lampada non rimanga mai vuota durante tutto il tempo che deve ardere.

Le pareti del serbatoio devono essere grosse, e le guerniture fissate non a semplice sfregamento, ma con un mastice inattaccabile dagli oli minerali. Il piedestallo dev'essere pesante ed a base abbastanza larga, per dare conveniente stabilità alla lampada e renderne più difficile il rovesciamento.

Prima d'accendere una lampada ad olio minerale convien riempierla completamente il serbatoio e chiuderla con tutta cura. Se poi nel corso della serata l'olio fosse quasi tutto consumato, allora bisognerebbe spegnere la lampada e, prima di riempierla nuovamente, aspettare che si raffreddi, allontanando in pari tempo i lumi che si trovassero lì vicino.

Rompendosi il caminetto di vetro convien tosto spegnere la lampada per evitare il riscaldamento delle guarniture metalliche: questo riscaldamento arrivato a un certo punto potrebbe fare vaporizzare l'olio contenuto nel serbatoio, e, pigliando fuoco, produrrebbe una esplosione capace di frantumare la lampada, spargendo così un liquido che, sempre infiammabilissimo, potrebbe essere già infiammato.

La sabbia, la terra, la cenere servono meglio dell'acqua per estinguere la combustione degli oli minerali.

In caso di scottature e prima dell'arrivo del medico, gioverà coprire le parti scottate con compresse imbevute d'acqua fresca, sovente rinnovate.

FILATURA E TESSITURA

Compilazione del Prof. Enrico Paglia, autore della *Camicia* (1).

INTRODUZIONE.

Vestimento naturale degli animali. — Prime vesti dell'uomo. — Progressi nelle arti tessili. — Importanza della filatura e della tessitura tra i popoli civili.

La pelle è il primo e naturale vestimento di che ha fornito l'uomo la Natura; la quale non mancò di rivestirne variamente gli altri animali secondo i particolari loro bisogni. I polipi ed i molluschi hanno la pelle vascolare ed assorbente, sicchè possono nutrirsi direttamente colle sostanze sciolte nel liquido in cui vivono. I crostacei hanno la pelle a difesa dei loro corpi incrostanti di sostanza pietrosa; i pesci l'hanno coperta di squame; le tartarughe sono corazzate di una sostanza cornea; i volatili sono coperti da leggere e calde piume. Gli animali terrestri sono difesi da peli più o meno lunghi e setolosi, da spine, da denso e quasi ligneo derma. Ma l'uomo, quest'essere che si predica il privilegiato dalla Natura, non ha che la pelle nuda.

Nato dalla terra, in un remotissimo tempo, innanzi ad ogni albori di civiltà, dagli altipiani dei continenti antichi, l'uomo prese a vagare, ignudo com'era, per le varie regioni della terra abitabile; finchè fatta esperienza di stagioni, di climi, di alimenti e di condizioni di vita diverse, dovette studiarli di riparare al difetto di vestimento; essendosi trovato, sotto questo riguardo, inferiore agli altri animali. Le larghe foglie dei banani e di certe palme non bastarono più a difenderlo dal rigore delle notti estive e dalle intemperie nei paesi discosti dalla zona tropicale. Quando l'uomo, toccate le gioie più alte dei monti, o le terre boreali, si trovò tra le nevi ed

i ghiacci, dovette invidiare alle fiere le loro calde pellicce, affrettarsi ad ucciderle colla sua mazza di pietra, a scuoiarle col suo coltello di selce per prepararsene vestimenta, masticandole a lungo onde ammolliarle, e col grasso delle loro viscere renderle sempre più pastose e durevoli. I tendini sfilacciati servirono per cucirle, e fibre diverse attorcigliate in funicelle gliele serrarono comodamente intorno al corpo.

Stanco della vita nomade, ed avendo imparato ad apprezzare il meno pericoloso e tuttavia fantastico errare del pastore, l'uomo dell'antichità più remota destinò le pelli alle tende, e chiese un vestito alle pecore che gli furono larghe dei loro velli lanosi. La filatura divenne l'occupazione ordinaria delle donne e degli schiavi; la tessitura diede all'uomo stoffe grossolane, delle quali r avvolse il corpo, fasciò i piedi, protesse il capo. I commerci con le tribù già stabilite in regioni agricole gli fornirono svariate materie filereccie e tessili, onde compose il vestito, che divenne abito per lui. Questo si trasformò in abbigliamento, ed in tempi più civili la Moda ebbe un culto, come in antico i primi cultori delle arti direttamente utili.

Oggidì cento industrie, delle quali vivono centinaia di migliaia di lavoratori, sempre nuove, servite da macchine, da esplorazioni e da commerci lontanissimi trasformarono il mondo in un vasto mercato, sul quale si scambiano a migliaia di tonnellate le materie per vestirsi più svariate e preziose. A migliaia muoiono di fame e di sferzate gli uomini di una parte del mondo, per vestire di cotone l'altra parte; intanto che gli uomini dell'occidente mitragliano quelli dell'oriente per

(1) A complemento dello *Grandi Invenzioni*, non si poteva omettere la filatura e la tessitura. E i lettori ci saranno grati se ne abbiamo affidata la compilazione ad uno scrittore speciale già noto per questa eccellente e popolarissima opera, che ha per titolo: *La Camicia*.
(L'Editore)

provvedersi la seta. I navigli si armano di mille bocche di fuoco, non per andare alla conquista del vello d'oro, ma per fare incetta di cenci da trasformare in nuovi tessuti; pei quali la chimica distilla i più nuovi e vaghi colori. Il vocabolario delle nazioni non ha oramai più spazio sufficiente per registrare tutte le parole significative delle molteplici materie e foggie industriali.

Da questo rapido cenno sull'origine e sullo sviluppo delle arti, che hanno per base la filatura e la tessitura, apparisce l'importanza loro, e la

convenienza di annoverarle tra le *Grandi Invenzioni*, che hanno onorato lo spirito intraprendente dell'uomo, sempre volto a domare la natura che lo circonda, spiandone i segreti ed obbligandola a rendergli sempre più comodo e fruttuoso il vivere. Un cenno ugualmente rapido sulle materie prime, onde si alimentano le industrie del filare e del tessere, ci schiuderà la via a parlare più diffusamente delle stesse, a descriverne i processi, a notarne i vantaggi ottenuti e gli sperati perfezionamenti.

I.

Materie tessili minerali. — Amianto — Vetro. — Metalli. — Materie tessili animali. — Lana di vari animali. — Lana di pecora. — Sue qualità e produzione. — Seta del *Bombyx Mori*. — Sua produzione. — Altre tredici specie di filugelli. — Seta di ragno e bisso marino.

Le materie tessili, che finora sono in possesso dell'industria, appartengono a tutti e tre i regni della Natura. I minerali, che in genere non sono atti alla filatura ed alla tessitura, non mancano però di schierarsi tra le materie tessili, facendosi rappresentare per una specialità dall'*amianto*, i cui cristallini morbidi e setosi, essendo aghiformi possono, con un poco di cotone che vi si mescoli, torcersi in filo; attesa pure la loro lunghezza che può arrivare fino a 40 centimetri. La proprietà dell'amianto d'essere incombustibile, lo fece fino dall'antichità usare come lucignolo per le lampade. Gli antichi Persiani, i Greci, i Romani seppero fabbricare coll'amianto delle tele, nelle quali involgevano i cadaveri da bruciarsi sul rogo; così potevano in esse raccogliere le ceneri del loro cari da conservarsi nelle urne domestiche a testimonianza di affetto imperituro. È noto come il cavaliere Albini proponesse di vestire di tela d'amianto i pompieri, che potevano così esporsi impunemente alle fiamme; ma solo nel secolo nostro si fabbricò dal signor Perpetti tela d'amianto ad uso principalmente dei laboratori di chimica, ed anche carta, come usano da antichissimo i Chinesi. Oggi un nuovo industriale, il canonico Dal Corona a Roma fabbrica tela e carta d'amianto, che fu trovata perfettamente incombustibile, e perciò raccomandata dal celebre P. Secchi (1) per scrivervi sopra i documenti che si vogliono illusi dal fuoco quanto

occorre per la loro autenticità. Il costo però di queste tele è ancora troppo elevato, attesa la scarsezza dell'amianto, che pure è comune in Corsica, nelle Calabrie, e nei terreni più antichi delle Alpi e delle altre montagne del globo.

Anche il vetro può essere filato, quando è ancora fuso nel crogiuolo, col levarne con un ferro una gocciola che si attacca ad un aspo che giri assai velocemente. Dietro la goccia si svolge allora un filo sottilissimo, che raffreddato serve a formare eleganti pennacchi di vari colori, fiori artificiali ed altre eleganti minuterie; nonchè pennelli pel chimico da agitare gli acidi senza che si consumino. A Venezia il vetro filato fu tessuto colla seta, e se ne formarono broccati molto ricercati. Più preziosi però sono i broccati, tanto in uso nel secolo XVI ed ora solamente per paramenti di chiesa, intessuti con fili d'oro e d'argento; poichè anche i metalli possono colla *trafila* essere ridotti in fili sottilissimi. All'Esposizione di Parigi del 1867 i signori Bracher e Soetne di Baden presentarono tele di filo d'ottone, fine e molli come la tela d'Olanda, superiore alle bellissime fabbricate in Francia e in Inghilterra. Con tutto ciò le materie tessili più utili provengono dagli animali e dalle piante.

I pelli degli animali sono una materia ottima, la quale, dopo avere servito di vestimento contro il rigore delle stagioni agli animali stessi, è di difesa all'uomo quando sono ancora attaccate alle loro pelli, formandosi calde pelliccie; stac-

(1) Lettera del P. Secchi al Marchese di Baviera, 21 gennaio 1869.

cati dalle stesse e filati servono a fabbricare preziosi tessuti. I più grossolani si fanno col pelo di cane, di camello, di capra; se ne ottengono di più fini col pelo della Vigogna, del Lama, dell'Alpaga, che sono animali della famiglia dei cervi che vivono in America, nel Perù, nel Chill, nel Messico, selvaggi o domestici, e che si tentò di acclimatizzare pure in Europa. Il pelo dell'Alpaga principalmente è lungo sino a 30 centimetri, fino, morbidissimo, di colore vario, nero, marrone, bigio, giallognolo e bianco, e che si fila misto a cotone ed a seta. Le fabbriche d'Europa ne traggono dall'America un milione di chilogrammi circa all'anno.

Ma sovra ogni altro animale è per questo riguardo preziosissima la pecora, che ci dà la sua lana di varia finezza secondo le razze (fig. 276). In antico erano rinomatissime le lane che si traevano dalla Gallazia, dalla Grecia, dalla Tartaria, dalla Caramania, dal Thibet, dalla Spagna, ed in Italia dall'Apulia. Oggi, secondo ne scrive l'illustre cav. deputato Alessandro Rossi di Schio (1), distinguono gl'industriali tre sorta di lane: 1.° Lane che si avvicinano allo stato selvaggio, lunghe fino 15 centimetri, riccie, ineguali, e che si adoperano ordinariamente in fiocco per materassi, o filate grossamente a far coperte da letto e da cavalli. 2.° Lane lisce, lunghe almeno 5 centimetri, e che servono, dopo essere state pettinate, a fabbricare stoffe non sodate. 3.° Lane riccie, corte, che si usano nella fabbricazione dei pannilani e delle stoffe sodate.

« Le lane del Capo di Buona Speranza, ed anche quelle d'Ungheria, di Polonia e della Russia meridionale sono assai molli, ma difettano per lo più di forza e di elasticità per il pettine. Quelle di Spagna, di Sassonia e le merine di Francia sono forti, nervose, alcune anche troppo dure. Quelle d'Italia sono lisce, candide, ma mancano generalmente di nervo. Le lane di Slesia sono le prime lane del mondo per l'arte della lana sodata; e le primissime sorta di Australia le migliori per l'arte della lana pettinata.

« Venendo particolarmente all'Italia, la Sar-



Fig. 276.
PELO DI LANA
VEDUTO
AL MICROSCOPIO.

degna dà lane poche ed ordinarie. Il Piemonte, meno alcune greggie merine distinte, la Lombardia, il Modenese, il Parmigiano danno lane ordinarie e mezzane di poco nervo. Nel Veneto le lane sono di qualità migliore, specialmente le padovane. In Toscana le merine bastarde spagnuole, le sopravissane, vissane e masserle di prima e seconda sorte formano altrettante qualità di lane quasi tutte adatte al pettine, come quelle delle Romagne. Nelle province napoletane le migliori lane provengono dalla Puglia. La Sicilia produce finalmente, non in abbondanza, lana ordinaria da materassi e lana ordinaria di concia. Si hanno però delle greggie merine nelle provincie di Catania, Palermo, Messina e Siracusa.

« Il prodotto annuale della lana nel mondo intero si giudica valere 3 miliardi di franchi. L'Italia, da 9 milioni e mezzo di pecore, trae annualmente chilogrammi 10,687,500 di lana, del valore medio attuale di lire 34,734,375. »

Altra materia tessile animale di primaria importanza è la seta: che è un filo nobilissimo, segregato liquido e rassodato quindi per evaporazione da vari insetti, tra cui premegegia il *Baco da seta*, denominato dai naturalisti *Bombyx Mori*. Il bozzolo di seta, in cui si racchiude la crisalide di questo prezioso animaletto, per poi uscirne insetto perfetto, può essere sgomitato in un filo lungo in media 600 metri. La patria del baco da seta sembra che sia la China; di là i Romani traevano la seta, che valeva quanto l'oro, per farne abiti sontuosi, dei quali fu primo a vestirsi l'imperatore Eliogabalo. Solo nel 552 dell'era volgare cominciò ad allevarsi il baco da seta anche tra noi; la sua coltura passò da Costantinopoli e dalla Grecia in Sicilia, nelle Calabrie. Verso il 1400 si estese nelle altre provincie italiane, e nel secolo seguente anche in Francia. Prima che la malattia del baco da seta facesse in questi ultimi anni diminuirne cotanto i prodotti, si calcolava che si producessero nel mondo annualmente 288 milioni di chilogrammi di seta, del valore di più di un miliardo di franchi. L'Italia ne produceva da sola quasi il doppio che nel resto d'Europa, pel valore di 250 milioni di lire. Ma dopo il 1850 cotale risorsa scemò d'assai, non arrivando oggidì a produrne che per circa 20 milioni (fig. 277).

Questa mancanza fece pensare ad altri animali, dai quali trarre della seta, se non d'uguale valore, di uso conforme a quella del baco da seta.

(1) Dell'arte della lana in Italia e all'estero. Note di ALESSANDRO ROSSI. Firenze 1869.

Ma se riuscirono curiosi e lodevoli gli sforzi dei bachicultori e dei naturalisti a questo scopo, assai minori degli sperati ne furono i risultati. Riferiremo solo a titolo di notizia, essersi sperimentata la coltura del *Bombyx Arrindia*, originario dell'India, che vive delle foglie del ricino; del



Fig. 227. FILI DI SETA GRAGIA TRATTATI COL MICROSCOPIO.

B. Perny della China, che vive sulla rovere; del *B. Cynthia*, che si nutre delle foglie dell'ailanto; della *Saturnia Bonchenta*, proveniente dal Senegal e che si nutre delle foglie del giuggiolo; come il *B. Mitta*, originario dell'India; del *Yama-mat*, introdotta in Francia dal Giappone, che si nutre della foglia di quer-

cia, come il *B. Roglet*; del *B. Atlas* delle montagne dell'Imalea, che si nutre di berberi asiatici; del *Loxocarpa Otus*, che vive sul lentisco, scoperto in Calabria; della *Bonchenta reticulata* del Senegal, che si nutre d'un arbusto africano, detto *Ngutsuds*. Si citano ancora l'*Atacus polyphemus*, l'*A. Cecropia*, l'*A. Prometheus* d'America, ed altri insetti del Libano e di Madagascar, siccome setigeni: ma la utilità della loro coltivazione industriale, pare ancora molto problematica, sebbene se ne siano ottenuti bellissimi saggi di seta. Ma questi devono per ora mettersi tra gli oggetti curiosi, come i guanti e le calze fabbricate con tele di ragno e presentate nel secolo scorso dagli Accademici di Montpellier alla duchessa di Borgogna; come pure i guanti e le calze offerte dagli operai di Taranto al generale Garibaldi, fatte di bisso, ossia di quel fiocco di seta, che alcuni molluschi marini, come le *pinne di mare*, filano a somiglianza dei ragni, per attaccarsi agli scogli ed ancorarsi contro lo sbattimento delle onde.

Tutte queste materie tessili d'origine animale sono opportunissime per il vestimento dell'uomo, constando esse di fili elastici e durevoli, che possono torcersi e serrarsi tra loro in mille modi, onde formare tessuti semplici o feltrati lasciando loro il colore naturale, o tingendoli variamente. Essendo poi cattive conduttrici del calore, impediscono la dispersione del calore del nostro corpo, e così ci abituano ad esporci alle temperature più basse senza danno.

II.

Materie tessili vegetali. — Il lino. — Processi di preparazione del taglio. — La canapa. — Coltura e produzione del lino e della canapa. — Altre otto specie di piante filiginee. — Filaccia dell'olmo, del gelso, dell'agave, del banno e della palma. — Lana di legno. — Il re cotone. — Sua coltura in Europa. — Fortune e speranze d'Italia nella coltura del cotone.

Il regno delle piante fornisce all'uomo altre materie tessili colle fibre della corteccia, delle foglie, o colla peluria di cui si rivestono i semi dei vegetali. Tra questi il lino è dei più noti ed usati fino da tempi remotissimi. Il taglio di lino si ottiene industrialmente dalla corteccia di diverse varietà della pianta, detta dai botanici *Linum usitatissimum*; come sono il lino ravagnano, il linetto e il lino di Riga (fig. 278). Per staccarlo dallo stelo bisogna prima mac-

carlo in acque opportune, che non sieno troppo crude, cioè che non contengano troppo quantità di calce disciolta; perchè queste invece di scogliere il glutine lo incrostano e rendono il taglio più ruvido e grossolano. Un botanico del Belgio, il signor Clause, bolle invece per tre o quattro ore 2 parti di soda caustica in 100 di acqua, poi la neutralizza coll'acido solforico, e vi macera il lino: lo lava poscia con altra soluzione alcalina di carbonato di soda, e ne ottiene più

prontamente il tiglio intatto e lucente. Il processo però del macero, sia nell'acqua delle correnti, che in acque chimicamente acconce, indebolisce il tiglio: per questo si pensò di staccarlo dal fusto a secco con una macchina, inventata dai signori Coblenz e Leoni, con cui si schiacciano e tritano direttamente i fusti, si dividono e separano i filamenti, ed il tiglio si passa senza altro al pettine per raffinarlo. Di questo nuovo processo è dubbio tuttavia il tornaconto, sicchè i più si attengono ancora al macero, rompendo i fusti coll'antico strumento a mano, detto *maciulla* (fig. 279).

Emula del lino è la *canapa*, detta dal Botanici *Canabis sativa*, che si coltiva da noi con tanto profitto, specialmente nel Bolognese. Il suo tiglio è assai robusto, e si tratta col macero e colla maciulla, affinandolo col pettine come il lino. La sua coltura, esigendo lavori ed ingrassi costosi, è tuttavia assai remunerante (fig. 280).

I popoli antichi, ad eccezione forse degli Americani, conobbero questi utilissimi vegetali fino dal crepuscolo della civiltà. Gli Egiziani facevano di tela di lino le loro mummie, gli Ebrei ne vestivano i loro sacerdoti, ed i Romani avevano le vesti di lino per le più nobili e signo-



Fig. 278. LINO COMUNE.

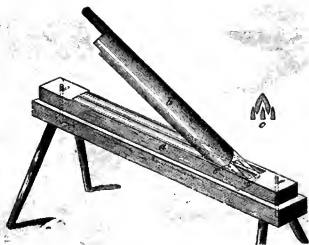


Fig. 279. MACIULLA O APPARECCHIO PER ROMPERE LA CANAPA A MANO.



Fig. 280. CANAPA A FIORI MARCI.

rilli, finchè non s'introdusse tra loro la seta. Le recenti scoperte ci assicurano che nell'età preistoriche il lino era conosciuto, essendosi pescati nelle palafitte dei laghi svizzeri ed italiani frammenti di tessuti e rotoli di lino. Nei bassi tempi il lino era molto coltivato nel settentrione d'Europa: in seguito divennero celebri i lini finissimi dell'Olanda, della Polonia e di Riga, essendo favorevole per tale coltura un clima umido, per cui prende grande sviluppo la parte erbacea della pianta, a detrimento delle parti legnose e del seme. L'Italia, secondo i dati statistici del signor Maestri, produce circa 14 milioni di chilogrammi di lino, e 50 milioni di chilogrammi di canapa.

LE GRANDI INVENZIONI. III-40.

A provvedere ai bisogni sempre crescenti di materie tessili, furono utilizzate le cortecce fibrose di altre piante, le quali però non giungeranno mai ad acquistare l'importanza già assicurata al lino ed al canape. Le più note tra esse sono: la *Ginestra* (*Spartum junceum*); l'*Altea* (*Althea officinalis*); la *Sida* (*Sida textilis*); l'*Alscleptia* (*Asclepias Syriaca*); il *Girasole* (*Helianthus annuus*); il *Luppolo* (*Humulus lupulus*); l'*Ortica comune* (*Urtica dioica*); e meglio l'*Ortica bianca della China* (*Boehmeria nivea*), che si tentò di acclimatizzare anche tra noi con grande speranza di felici risultati. Si cercò pure di trarre direttamente dalla cor-

teccia dei rami d'alberi assai fibrosi il taglio. Il signor Autier ottenne dalla scorza dell'olmo una bellissima sfaccia, disaggregandone le fibre collo scioglierne la mucilagine per mezzo di una liscivia di carbonato di soda. Con metodo analogo il signor Potenza ed il signor Bianchi prepararono colla corteccia del gelso una materia tessile, candida, lucente e gagliarda, somigliante alla seta. Ma le loro invenzioni restarono sterili, forse per quella ritrosia che si ha generalmente

ad entrare in vie nuove, troppo spesso più promettenti che rimneranti.

In Prussia il signor Fannevitz seppe ricavare con un processo chimico una sostanza filamentosa e tessile dalle foglie del *pino silvestre*, che ha tutte l'apparenza della lana, e ch'egli chiamò *lana di legno*. Noi abbiamo veduti dei guanti fatti con questa lana, che non si distinguevano da quelli di strusa di seta. Anche dalle foglie dell'*Agave americana* e del *Banano* (*Musa*



Fig. 281. BANANO TESSILE.

textilis) (fig. 281) gli Indiani ottengono una sfaccia, che serve a tessere i lenzuoli funerari in cui involgono i loro morti. Anche un *Palma* (*Chamoerops excelsa*) importata dalla China in Francia, fornisce colle guaine delle sue foglie una materia fibrosa, colla quale i Chinesi fanno corde, e fabbricano cappelli e soprabiti comodissimi in tempo di pioggia.

Ma la sovrana di tutte le materie tessili vegetali è il *re cotone*, come lo chiamano gl'In-



Fig. 282. PIANTA DEL COTONE.

glesì, che riveste i semi di una bella pianta, chiusi in una capsula che a maturanza si apre, offrendo al raccoglitore un fiocco di candida e molle lanugine. La pianta del cotone, chiamata già dagli Indiani *Carbaso*, dai Greci *Xiton*, dai Latini *Gossypium*, dagli Arabi *al Eulan* ed anche *Bombasò*, è propria dei paesi caldi, e prospera nei climi caldo-umidi e nei luoghi marittimi (fig. 282). Sebbene il cotone cresca spontaneo in Egitto, in Siria, nella Persia ed in America, venne colti-

vato nell'India da tempi remotissimi. Dall'India passò in Egitto tale coltura al tempo d'Anacarsi, 550 anni prima dell'era volgare. Nei paesi americani la grande coltura del cotone non data che dal 1756. In Europa si cominciò a coltivarlo dagli Arabi nella Spagna nel secolo IX; ma la sua coltura su vasta scala nei paesi meridionali rimonta appena al principio del secolo nostro, quando Napoleone I ebbe bandito il blocco continentale contro l'Inghilterra nel 1806. In Sicilia ed in Sardegna se ne ebbe però una scarsa produzione fino al 1863. Incoraggiata l'Italia dal giudizio favorevolissimo che ottennero i suoi cottoni all'Esposizione di Londra nel 1862, ed all'Esposizione di Torino del 1864, e di Napoli del 1866, approfittando della guerra civile d'America,

che per quattro anni disertò le sue famose piantagioni e della conseguita abolizione della schiavitù, che faceva sì basso il prezzo dei cottoni americani, estese grandemente la coltivazione del cotone. La produzione del cotone si calcolava per tutto il mondo di circa 2 miliardi di chilogr., nel 1860, quando l'Italia non ne produceva che 3 milioni. Oggidì la sua produzione è salita a 40 milioni di chilogr., del valore di circa 230 milioni di lire; acquistando sempre maggior credito dopo che i cottoni italiani furono premiati con medaglia d'oro all'Esposizione universale di Parigi nel 1867. Un grande avvenire aspetta adunque la coltura del cotone in Italia, dov'essa è utile industrialmente per ragione di clima, cioè, dall'Umbria in giù e nelle isole.

III.

Filatura a mano. — Ser Borghesano Lucchese e il suo filatoio. — Meccanismi filatori di Watt, Luigi Paul, Hargreaves. — Tommaso Highs e la sua *Spinning-Jenny*. — Perfezionamenti di Arkwright. — Mule-Jenny. — L'*étaleuse* di Girard per filare la canapa. — Operazioni preparatorie alla filatura della lana. — Filatoi automatici, o *Self-actings*, inglesi. — Merito degli Italiani nelle moderne invenzioni.

Le materie tessili notate di sopra, hanno tutte bisogno, per essere tessute, di essere prima attorte in fili per mezzo di quella operazione che dicesi *filatura*.

Il metodo più semplice e primitivo di essa è quello detto *a mano*, che si fa avvolgendo sulla conocchia una data quantità di materia filamentosa, traendone colle dita tanto da formarne una gugliata, che si avvolge sul fuso dopo averla torta col movimento rotatorio impresso allo stesso. Così filavano la lana ed il lino le antiche matrone e le più umili schiave; finché, come osserva il sopralodato signor Rossi, l'abilità manuale divenne meno importante colla invenzione delle macchine, dove si trattò più di apprezzare il lavoro che di eseguirlo. È da credere pertanto che molteplici sieno stati i tentativi per trovare un sistema di filatura meccanica, che desse un risultato pronto, abbondante ed economico. La prima prova l'ab-



Fig. 283. FILATOIO.

blamo nel *filatoio* inventato in Bologna da ser Borghesano Lucchese nel 1272, per tre secoli ivi gelosamente custodito, infino a che non si diffuse per tutta Italia, dove ancora trovasi usato nell'industria casalinga (fig. 283).

Questo stromento consiste in un rocchetto *f*, che fa l'ufficio di fuso, attraversato da una cannuccia *c*, ripiegata all'estremità in forma di ancora *d*, colle due ali parallele al rocchetto. Questi due pezzi sono infilati da uno spiedo fisso *ab*, e fatti girare con diversa velocità mediante due corde continue *i*, avvolte ad una grande ruota *h*, e a due girelle *g*, di diametro diverso, fissate al rocchetto ed alla cannuccia. Traendo con una mano il pennecchio da una rocca infissa lì vicino, e facendo passare il filo per l'estremità della cannuccia *c*, e quindi successivamente per alcuni uncinetti fissi lungo le braccia dell'ancora, il filo si torce e si avvolge sul rocchetto mercé il movimento impresso alla ruota dall'altra mano o dal piede mediante un pedale.

Solamente nel 1700 il filatoio fu portato dal Piemonte in Inghilterra per opera di un certo Lomb. Il favore quivi incontrato per i grandi vantaggi che si constatarono nella filatura con tale meccanismo, che fu stabilito per la prima

volta nella città di Derby, e che era mosso dall'acqua, ottenne al Lomb un premio dal Parlamento di 14 mila sterline. Gli Inglesi, che anche quando si inchinano al successo, pensano sempre

ad ottenerne uno più splendido, messi sulla via della invenzione di meccanismi filatori dall'ingegno italiano, non dormirono sugli allori di Lomb. Il famoso meccanico Watt, nel 1733, aveva già inventata una macchinetta per filare il cotone, che però non diede risultati troppo felici e fu dimenticata. Nel 1738 un certo Luigi Paul di Birmingham, aveva trovato di filare a macchina con

un suo congegno, che venne brevettato. Ulteriori successi si ottennero quando, nel 1760, Giacomo Stargreavea di Blackburn, inventò un pettine da cardare il cotone, in modo che esso presentasse al filatoio i anelli pelli quasi tutti paralleli.

Era però riservato ad un oscuro fabbricatore di pettini da telaio, della città di Leighe, per nome Tommaso Higs, di risolvere stabilmente il problema della filatura meccanica colla sua macchina, che tra gli insulti degli invidiosi suoi compagni, la fame ed ogni sorta di sacrifici sopportati insieme ad una sua figliuola di nome Jenny, riuscì di finire nel 1763. Questa macchina consisteva semplicemente in un certo numero di fusi montati sopra un veicolo mobile, che, girando ed allontanandosi, riducevano in filo il cotone preparato dai pettini. Così otteneva del bellissimo filo per la trama, ma non

così fino ed uniformemente tondo da servire per l'orditura dei tessuti. A forza di costante applicazione finì di ottenere anche questo risultato, aggiungendo alla sua macchina i cilindri, che costituiscono il *laminatoio*.

Il povero padre nell'esultanza del cuore, per vedere realizzata dopo tanti stenti e sofferiti dalla figliuola, un'idea seconda di bene, e che gli era stata ispirata dall'amore di padre, battezzò la sua macchina, figlia anche essa del suo pensiero, col poetico nome di *Giannetta la filatrice* (Spinning-Jenny).

Vnoi però che Higs non abbia goduto i frutti

della sua invenzione e che sia morto in miseria, mentre divenne presto millionario un barbiere di Preston, un certo Riccardo Arkwright, che seppero conoscere o indovinare il meccanismo di Higs,

e coll'aiuto della sua intraprendenza e dei denari dei banchieri che ebbero fiducia in lui, fondare estese filature di cotone a Nottingham, a Cromford ed in Scozia. Per questo Arkwright è santato in Inghilterra, come creatore della moderna industria manifatturiera; molto più che alla sua morte lasciò una eredità di 12 milioni e mezzo di franchi.

Nel 1773 Samuele Crompton di Bolton, morto ricchissimo nel 1827, diede alla macchina filatrice del cotone l'ultimo perfezionamento, quale oggi

si ammira sotto il nome, datole da lui, di *Mulo-Jenny*.

Il lino e la canapa, avendo le fibre assai lun-



Fig. 264. RICCARDO ARKWRIGHT



Fig. 265. SAMUELE CROMPTON

ghe e tenaci, non si poterono subito filare cogli stessi congegni meccanici, che facevano già al buona prova pel cotone. Avendo, come fu detto, l'imperatore Napoleone I bandito contro l'Inghilterra, nel 1806, il famoso blocco continentale, con cui credeva di ferirne nel cuore, estendendo dai mercati del continente i prodotti delle sue industrie, decretò insieme un milione di premio a chi avesse trovato il modo di filare a macchina il lino e la canapa. Il francese Filippo Gerard, messo all'opera, inventò un sistema di pettini, che, suddividendo le fibre del lino e della canapa in più esigui filamenti, potevano questi, per mezzo di

un tamburo molto ingegnoso, essere presentati al filatoio ed ottenersene un filo non inferiore a quello delle filature meccaniche inglesi. Ma al povero Gerard non toccò che di morire miserabile ed ignorato, mentre la macchina da lui inventata, e che si chiamò *étaleuse*, passata in Inghilterra e combinata colla *Mule-Jenny*, risolvette a tutto vantaggio di quella regina delle industrie, il problema della filatura meccanica delle materie tessili di lunga fibra, sulle quali si lascia cadere dell'acqua calda onde meglio si sordini ed il filo si serri.

Prima di filare il cotone colla *Mule-Jenny*, si sbatte per liberarlo dalla polvere e dagli imbratti per mezzo della forza centrifuga, in un apparato detto *batteria*; poscia viene condotto sopra un piano di tela continua, sotto certi cilindri giranti, che lo comprimono e distendono in falde. Queste vengono successivamente cardate per mezzo di

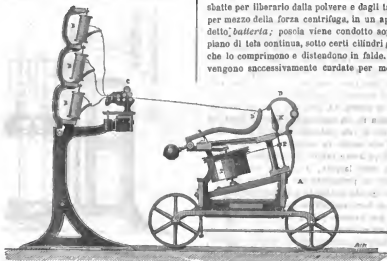


Fig. 286 MULE-JENNY O MACCHINA PER LA FILATURA DEL COTONE.

pettini, che avviano i peli del cotone, diretti tutti nello stesso senso a *laminarsi*, ossia a distendersi in nastri, sotto l'azione dell'ingegnosa macchina di High, ossia del *laminatoio*, parte essenziale della *Mule-Jenny*, che vedesi rappresentata dalla fig. 286.

Il laminatoio si compone di sei cilindri scanalati C, tre di ferro disposti orizzontalmente vicini gli uni agli altri, e di altri tre di legno vestiti di pelle sovrapposti ai primi. I cilindri del primo e secondo paio hanno 20 millim. di diametro e 45 scanellature, quelli del terzo paio 27 millim. e 60 scanellature. I cilindri girano con velocità diversa, in modo che mentre il primo

paio compie un giro, il secondo ne fa 13 ed il terzo 30. Così i nastri di cotone, avvolti già prima sui rocchetti B, penetrando tra i cilindri del primo paio, escono da quelli del terzo allungati, assottigliati, uguali, come se fossero passati tra le dita di un'esperta filatrice; e per di più torti dal movimento rotatorio dei rocchetti stessi. Ogni filo è attaccato ad uno dei fusi H, portati da un carrettino A, che andando sopra una rotella trae con sé l'agnigliata, e nel ritornare verso il laminatoio la avvolge attorno ai fusi, mercé il movimento impresso agli stessi dal moto retrogrado delle sue ruote. Il filo è sostenuto da una leva arcuata D, che nel ritorno del carrettino, alzan-

dosì ed abbassandosi alternativamente, mentre agisce il tamburo T, che comunica colla puleggia P, il movimento al fuso, lo distribuisce regolarmente in due spirali contrarie su tutta la lunghezza del fuso stesso. Con questa macchina, i cui fusi si volgono colla velocità di 130 giri al minuto, si possono trarre con tutta esattezza da una libbra di cotone 294 chilometri di filo.

Le operazioni preparatorie alla filatura della lana sono compiute oggidì da macchine, che figuravano all'Esposizione di Parigi, e delle quali il signor Rossi ci dà una descrizione rapida, ma precisa, nell'ottimo suo libro ricordato di sopra. La prima è il *lavatoio*, nel quale, in vasche successive, la lana viene lavata, sballata ed estratta da rastrelli automatici, mossi dal vapore; e che dà, col sistema di Honget e Teston di Verviers, adottato a Genova ed a Schio, chilogr. 1200 di lana lavata ogni 12 ore. Un'altra macchina spreme l'acqua dalla lana e dai tessuti, e va lodata sebbene sia alquanto complicata e costosa quella di Tulpin di Ronen. La lana che esce dal lavatoio si asciuga in un apparecchio ad aria calda, in cassette di tela metallica, con un elice aspirante l'aria umida. La macchina di Dera di Verviers, dopo avere battuta e spelazzata la lana e liberata dalle lappole, la inolia e comprime in materasso da presentare alla macchina *scardasatrice*. Questa pettina la lana con acardassi ed uncini di ferro montati su cuoio, o sopra caotichone, per avviarla poi in ovatte od in nastri avvolti su rocchetti al laminatoio ed alle macchine filatrici automatiche di sistema inglese, chiamate *Selfactings*. Questi apparati per filare la lana sono rappresentati dalla nostra fig. 287.

Si vedono in A i rocchetti da cui si avvolgono le falde di lana pettinata, guidate al laminatoio B, e quindi a torcersi sul filatoio C (che è l'antico d'invenzione italiana) composto dei rocchetto e, coll'ancora d, il distributore e, ed un foro b, per cui entra il filo; non rimanendo all'operaio filatore che di sorvegliare il lavoro.

La filatura meccanica della lana coi *Selfactings*, di cui esposero a Parigi i modelli più perfetti

Mercier e Flecheux di Francia, Martin del Belgio, Hartmann di Sassonia ed i fratelli Platt d'Inghilterra, è oggidì quella usata comunemente; e lo sarà ancora, finchè non si perfezioni la filatura continua, di cui si fecero lodevoli tentativi colle macchine nuovamente inventate da Vimont, Pierrad e Ryo-Catteau.

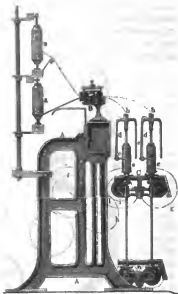


Fig. 287. SELFACTING O FILATOIO DELLA LANA.

Tanto ingegno e tanta perseveranza rivolti all'invenzione ed al perfezionamento delle macchine filatrici, rendono il nostro secolo ben più giustamente orgoglioso, di quello che non avessero ragione di esserlo nei secoli passati la Spagna pel suo oro estorto agli Americani, o l'Italia pe' suoi sonetti. Con tutto ciò, che sarebbe stato dell'industria tessile meccanica, senza la prima invenzione di ser Borghesano?

IV.

Tessitura presso i popoli primitivi. — Telaio comune. — Telaio da velluto e da tappezzerie. — Invenzione di Vancanson. — Telaio Jacquard. — Perfezionamento allo stesso. — Telaio elettrico di Bonelli. — Macchine per la sordatura, la garzatura, la cimatoria e l'apparecchio dei tessuti. — Stoffa moderna. — Lana meccanica per gli *schoddy*. — Statistica dell'industria manifatturiera tessile italiana.

Tanti sforzi d'ingegno e al largo impiego di capitali per riuscire a cambiare le materie tessili in filo, erano naturalmente diretti al fine di formare, coi fili, dei tessuti che servissero al vestimento e ad altri molteplici usi del vivere comodo e civile. A questo scopo si inventarono

prestamente dei congegni rozzi ed incompleti quanto si voglia, ma che contenevano però il germe delle future invenzioni, e soddisfacevano intanto ai bisogni di una civiltà ancora bambina. Noi non sappiamo veramente come tessessero le loro tele, gli uomini preistorici delle palafitte, in un'epoca in cui non si conoscevano ancora i metalli; ma dai brani di tessuti trovati nei depositi lacustri di quel tempo, possiamo arguire che il modo ne fosse semplicissimo, e che non vi fossero

estranei quei singolari dischetti di terra forati nel mezzo, che gli archeologi moderni chiamarono *fusaiuole*, e che si trovano tanto abbondanti nei depositi suddetti. Pare infatti che essi servissero a tenere distesi col proprio peso i fili sospesi verticalmente a breve distanza tra loro, per essere poi facilmente intrecciati da altri fili orizzontali, al modo con cui s'intessono anche oggi le stuoie, o troviamo foggiate i telai delle genti mezzo selvagge.

Il telaio comune, di cui ci dispensiamo di fare la descrizione dandone invece una figura evidente (fig. 288), deve essere molto antico tra le genti civili, se ne troviamo menzione nelle tra-

dizioni bibliche e nei monumenti dell'arte indiana, egiziana, ecc. Con questo si fabbricarono, fino dall'antichità più remota, drappi di lana e tele di lino e di cotone, nonché stoffe più preziose di seta. Trascureremo di fare la storia della tessitura nei secoli di mezzo, che poco avrebbe da

aggiungere ai cenii surriferiti, se non fosse la particolarità che vi si erano consacrati i monaci, e che da loro venne in gran parte alimentato quello spirito industriale, che fece la gloria e la fortuna delle città italiane all'epoca dei Comuni. L'arte della lana, e della seta principalmente, vi erano sì fiorenti, che non possiamo senza orgoglio, misto di confusione, ripensare a quanto ne scrissero gli storici nostrani ed i forestieri, ai quali rimandiamo il lettore (1).

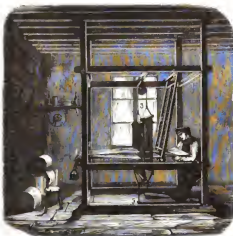


Fig. 288. TELAIO COMUNE.

Diremo piuttosto che i progressi fatti negli ultimi tempi della filatura, dovevano necessariamente essere secondati dalla tessitura, e che il tipo primitivo del telaio, venne gradatamente modificandosi, fino a convertirsi nel più ingegnoso apparato meccanico, adatto ai vari generi di stoffe. Per i velluti occorrono due ordii, uno per fondo della tela, e l'altro allogato più basso nel fondo del telaio per formare il pelo. Questo attraversando obliquamente il primo, quasi contro i filci, si mantiene elevato su di esso per mezzo

(1) Vedi l'opera magnificamente illustrata con splendide cromolitografie, intitolata: *Les arts au moyen âge et à l'époque de la renaissance* par P. L. Lacroix; 2^a ediz. Parigi 1869, al cap. Tapissierie.

d'un basione ben liscio; cosicchè il tessitore può insinuare tra l'ordito del pelo e quello della tela una verga di ottone scanellata. Abbassando allora le due calcole del pelo, questo passa sotto il fondo



Fig. 288. SPACATO D'UN TESSUTO A VELLUTO.

e veste la verga, trovandosi in pari tempo aperto insieme all'ordito del fondo. In quelle due aperture il tessitore getta doppia trama con due spole, che poi batte fortemente colla cassa; quindi rialza l'ordito del pelo ed intromette una seconda verga, continuando il suo doppio lavoro per due o tre battute di seguito. Per farne poi uscire il velluto, con un coltellino affilatissimo montato su di una piastrina metallica, scorre lungo la verga e taglia il pelo nella scanellatura della stessa in tutta la larghezza della stoffa. Questa disposizione può vedersi qui sopra nella figura 289. I fili del fondo del tessuto sono rappresentati in *a*, quelli del pelo in *p*. In *b* si vede la testa della verga scanellata, in *p'* il pelo tagliato. In tale modo si tessono, non solo i velluti, ma le felpe, il mocchetto ed i ricchi tappeti di Turchia e di Persia.

Per le tappezzerie figurate a vari colori, per gli scialli, i damaschi e simili stoffe, si usava, in antico, un telaio detto *alta plana*, non diverso dal comune, se non in questo, che i fili sollevavano ed aprono una parte solamente dell'ordito, mano mano che il tessitore procede ad intrecciare i fili, con quelli delle varie spole che tiene sotto mano; riproducendo così il disegno a vari

colori che tiene sott'occhio, al modo che fa la ricamatrice, traspuntando il suo *canévas*. I famosi scialli di *cascemir* sono tessuti nelle Indie, con lane finissime del paese, da più operai contemporaneamente, nel modo sopra descritto. I lavoratori leggono ad alta voce, nell'atto che li eseguono, i vari punti del disegno, rappresentati convenzionalmente da lettere o figure elementari, sotto la direzione d'un maestro, che all'opo li arresta e ne corregge gli errori (fig. 290).

Per gli srazzi ed i nastri questo processo fu variato nelle fabbriche d'Europa, coll'aprire l'ordito filo per filo a mezzo di altrettante cordicelle

sospese ad una pertica, afferanti i fili dell'ordito con un nodo corrente; ma anche questa modificazione non soddisfaceva interamente al bisogno di una precisa e rapida tessitura con disegni complicati. Per questo il meccanico Vaucanson, di Grenoble, morto intorno al 1782, immaginò di sostituire ai nodi delle cordicelle altrettanti anelletti di vetro sostenuti da fili di ferro, o lunghi aghi, i quali sollevavano l'ordito spinti da altrettanti molli, nel momento che un cilindro di cartone, sul quale era trafo-

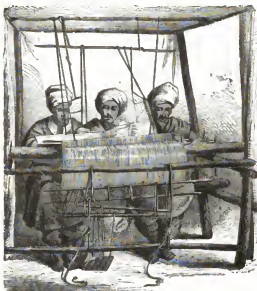


Fig. 290. TESSITURA DEGLI SCIALLI DI CASCHEMIR NELLE INDIE.

rato il disegno, girando lentamente veniva a corrispondere colle estremità dei fili di ferro che entravano in esso; restando gli altri appoggiati contro il cartone non forato e quindi abbassati. Questo fu il tipo del telaio meccanico, al quale portò utili modificazioni l'inglese Cartwright, ma che non acquistò vera importanza industriale se non per le riforme che vi introdusse il celebre Niccolò Jacquard di Lione, nel 1790 (fig. 291).

Nel telaio di Jacquard è sostituita al cilindro forato di Vaucanson, una serie indefinita di cartoni forati a disegno, e riuniti gli uni agli altri

in modo da formare una fascia continua. Questa, passando sopra un cilindro nell'alto del telaio, è posta a contatto successivo cogli aghi che sollevano i lini, e discende dal lato opposto ripiegandosi su se stessa, economizzando spazio e spesa, e potendosi così eseguire i più ampi e svariati disegni. Questo telaio fruttò al suo inventore una pensione vitalizia da Napoleone I di L. 3000 annue, non che il privilegio di esigere 50 franchi per ogni telaio di quel sistema che si inalzasse; ma, più di ogni premio, accompagnò il buon Jacquard, fino alla sua morte avvenuta nel 1834, la riconoscenza degli industriali, che nel 1840 gli innalzarono in Lione una statua.

Nel 1858 il com. Vincenzi ottenne dall'Accademia d'arti e mestieri di Parigi la medaglia d'oro per un suo telaio, che fu giudicato migliore del Jacquard; per avere sostituita la carta forata ai cartoni, semplificato il meccanismo degli aghi, e rese più facili le riparazioni dei pezzi che venissero a guastarsi.

I più moderni telai meccanici, secondo i sistemi di Crompton, di Hodgson, di Schönherr e di Smith, consistono nell'aggiunta al Jacquard di mecca-

anismi particolari, che fanno fare ad una o più spuoie fino a 400 mandate al minuto in tessuti larghi perfino metri 3,82; che trattengono la cassa dal cadere contro il tessuto, quando per una causa qualunque la spuoia devia dalla sua corsa; e che infine fermano il telaio se si rompe qualche filo.

L'elettricità, che mercé le numerose ed importanti applicazioni che ne ha fatte la scienza moderna, può dirsi il *factotum* della nostra civiltà, fu pure applicata alla tessitura dal cav. Bonelli. Il suo telaio elettrico ha il cilindro alla Vaucanson fatto di metallo ed il disegno tratteggiato con una vernice coibente invece che con fori.

Gli aghi, finchè toccano la superficie metallica, tengono aperto il circuito elettrico, che resta chiuso per gli aghi che successivamente vengono a toccare la vernice: così le calamite temporarie possono sollevare o lasciare abbassati i lici, come nel sistema alla Vaucanson; ma con maggiore dispendio e complicazione di apparati, sebbene i disegni possano riuscire eseguiti con maggiore finezza.

L'arte della lana, principalmente nei pannilani, ha subito negli ultimi 40 anni una grande trasformazione. Oramai quasi appartiene all'archeologia la fama mondiale, che si erano giustamente me-

ritata i pannilani di Sedan e Verviers in Francia, della Prussia Renana, della manifattura di Namiet, ecc., sia per la mollezza e perfezione della loro feltratura da assomigliarli a vere pelli, sia per la solidità delle tinte e la durata, che oggi non conosciamo più. Il loro prezzo però era proporzionato alle cure ed al dispendio che esigea la loro fabbricazione; oltre di ciò l'aristocrazia, diremo così, di quei nobili tessuti non si conveniva più colle tendenze della società odierna che ad ogni

quindicina muta le fogge del vestire ed esige perciò stoffe di minor riguardo e di minor costo, maggiormente elastiche e variate non solo nel colore ma nel disegno. Oltre la filatura e la tessitura a macchina di questi nuovi tessuti di tutta lana o mista a cotone, si esigono speciali macchine per la sodatura, la garzatura e l'apparecchio, che prima si facevano interamente a mano e con strumenti assai primitivi. Queste sono: la *gualchiera*, nella quale il tessuto è pigiato per estrarne l'olio di cui fu imbevuto nella lavorazione, purgato con sapone o *terra da follone* (1) e sodato più o

(1) La *terra da follone* è un'argilla grigio-verdastro, saponacea al tatto o che non si impasta facilmente coll'acqua. Invece si com-

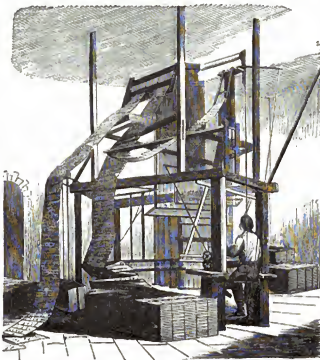


Fig. 291. TELAIO JACQUARD.

meno dai cilindri; invece che nelle antiche gualchiere queste operazioni erano compiute da martelli battenti in una cassa di legno, come nella pila da riso. La *garzaltrice* a cilindri muniti di uncinetti metallici, che passando sul tessuto longitudinalmente a pelo e a contrapelo, fanno che questo esca e si pettini sul diritto del panno: operazione che prima si eseguiva a mano con striglie formate coi *garzi*, ossia colle teste disseccate di una pianta, detta *Dipsacus fullonum*, e che si coltivava a quest'uopo su grande scala, mentre trovansi selvatica nei nostri campi (figura 292).



Fig. 292. *DIPSACUS FULLONUM*.

La *cinatrice* che con lame taglienti di tempera piuttosto dura, taglia il pelo uguagliandolo o recidendolo totalmente quasi nei panni sodati. Infine macchine speciali per ispremere a forza centrifuga l'acqua dai tessuti, per asciugarli a vapore, per lustrare i panni, per rilevarne il pelo con cilindro guernito di pezzettini di vetro infranto, per dare alla superficie dei panni un'apparenza ondulata, marezzata, vellutata, ecc.

Anche la maglia, che forma da secoli una delle più comuni industrie casalinghe, ebbe fino dal

bina agevolmente colle sostanze grasse, producendo un vero sapone. L'argilla da purgar panni che si cava a Sarrey in Inghilterra, e che è tipo di tutte le argille di questo genere, contiene per cento — Selce 53,00 — Allumina 19,00 — Calce 0,51 — Magnesia 1,25 — Ossido di ferro 9,75 — Acqua 21,00.

secolo XVII la sua macchina, di cui si dice inventore un certo William Lee di Cambridge, per scemar fatica alla sua bella che si guadagnava il vitto lavorando calze coi ferri. Anche Sededia Strutt inventò una macchina per fabbricare calze rigate, per la quale nel 1758 ebbe un diploma di nobiltà, e da contadino divenne lord e milionario. L'industria della tessitura a maglia con telai meccanici è progredita anche tra noi principalmente a Genova, Milano e Biella; e produce per 3 milioni di lire all'anno.

Da ultimo vuolsi accennare all'impiego che si fa oggidì dei residui delle materie tessili, sia convertendoli in feltro per cappelli od in carta da scrivere e da imballaggio; ed all'incetta che si fa di pannolani vecchi d'ogni sorta e colore, che si sfilacciano dalle macchine, si rifilano e ritessono nelle fabbriche di Germania e d'Inghilterra col nome di *schoddy*, e di *millton*. Questa specie d'industria non è nuova però per l'Italia. Prima che la macchina inventata da Lau nel 1813, sfilacciasse i tessuti per averne *lana meccanica* od *artificiale*, come suole chiamarsi, era antico a Schio nel Veneto e notissimo il lavoro del *rom-pint*, che tagliavano e scardassavano manualmente i cenci per produrne lana artificiale. Oggidì il centro di tale industria è in Inghilterra a Batlay, dove frutta 150 milioni all'anno. In Italia se ne produce per 8 milioni, principalmente dagli stabilimenti del signor Mazza a Bellano sul lago di Como, e del signor Roessinger a Sora nel Napoletano.

Alcuni dati statistici, meglio che qualunque più dotta dissertazione, varranno a dimostrare l'importanza nel mondo moderno dell'industria manifatturiera delle materie tessili, di cui abbiamo descritto ed illustrato sommariamente i processi, esclusa la tintoria, che esige un lavoro speciale, essendo essa una delle più distinte applicazioni della chimica moderna.

Riguardo al lino ed alla canapa, non si ha per l'Italia una statistica generale ed attendibile, mentre la maggior parte dei 61 milioni di chilogrammi prodotti si vende e si lavora all'estero, ritraendone circa 10 milioni di lire: il resto si fila meccanicamente in 8 stabilimenti, dove lavorano 2000 operai e si producono 950 mila chilogrammi di filati all'anno. Nella tessitura del lino sono impiegati 120 mila telai e 171 mila operai. Con tutto ciò i 10 milioni di lire guadagnati colle vendite all'estero bilanciano appena le compere

che si fanno dagli stranieri in filati e tessuti di lino e di canapa.

Più consolante è la statistica dell'industria cotoniera. Mentre l'Inghilterra trasforma annualmente in filati ed in tessuti 400 milioni di chilogrammi di cotone; 160 l'America; 80 la Francia; 30 la Germania; 28 l'Austria; 20 la Russia; da 10 a 12 la Svizzera, il Belgio, la Spagna; l'Italia nel 1854 produsse 415 milioni di chilogrammi di filati di cotone, con un guadagno netto di 28 milioni di lire.

Per la seta nel 1866 si avevano in Italia 4092 filande, delle quali 386 a vapore, nelle quali furono tratti chilogrammi di seta greggia 1,116,510 del valore di L. 101,483,570; che però si lavora in tessuti quasi tutto all'estero, riducendo così quasi a 50 milioni il guadagno del setificio nazionale, ricomprando pel consumo interno dagli stranieri seterie per altri 50 milioni circa. Mentre

l'Inghilterra, la Germania e la Francia lavorano la seta per 380 milioni di valore.

La filatura meccanica della lana è in via di progresso, contandosi in Italia 85 mila fusi, che producono chilogrammi 220 mila di filato del valore di 2 milioni. La tessitura della lana non sodata, scialli, tappeti, flanelle, ecc., produce 5 milioni: e quella dei drappi sodati, per cui lavorano 6480 telai, altri 66 milioni. Così che l'importo totale dell'industria laniera è di 73 milioni. Si distinguono soprattutto in essa le fabbriche di Biella, che possiedono da sole 2500 telai, e quelle di Valdarno e di Schio, dove sono le rinomate fabbriche di Fr. Rossi, che primo nel 1817 introdusse la filatura a macchina; e di Piovene dove il dep. Alessandro Rossi fondò recentemente una filatura di lana pettinata con 6 mila fusi, e 4 mila fusi per la filatura scardassata, che serve per le stoffe sodate.

FINE DEL TERZO ED ULTIMO VOLUME.

- natore. - Franklin si reca a Londra e non vi trova i sperati appoggi; lavora da tipografo; giova a suoi compagni col consiglio e l'esempio; legge i migliori libri. - Ritorna a Filadelfia, effimera prosperità; si dà nuovamente alla tipografia; sua straordinaria abilità; fonda una tipografia; - Inseparabile al lavoro. - Come Franklin studiò il suo credito e la sua reputazione. *Pag.* 56
- IV. Utili e filantropiche istituzioni fondate da Franklin. - *L'adunanza del potere Riccardo*. - Franklin si occupa di pubblici affari; riorganizza la guardia cittadina; fonda *l'Unione contro gli incedati*; inventa i candelotti che ora portano il suo nome; - Come Franklin, promuoventi la fondazione di una milizia volontaria e coopera alla difesa del paese; fonda l'Accademia e l'Ospedale di Filadelfia. 57
- V. Franklin è inviato a Londra per tutelare gli interessi dei coloni americani; sua abilità diplomatica; continua a dedicarsi allo studio; riceve diplomi dalle principali Accademie scientifiche; ritorna per poco a Filadelfia e quindi nuovamente a Londra; tenta di impelire la guerra; ritorna in patria, detta la Costituzione della Pennsylvania; è inviato ambasciatore alla Corte di Francia; sua dimora a Passy; alta stima dimostrata dai Francesi; ottiene il bruciato aiuto dalla Francia; suo trionfo americano a Filadelfia, riconoscenza dimostrata dagli Americani. - Ultimi anni di Franklin. 59
- VI. Prime esperienze elettriche eseguite da Franklin nel 1746; sue lettere scientifiche a Collinson; identità del fulmine e dell'elettricità; proprietà delle punte. - Esperienza decisiva proposta da Franklin, eseguita da Balthazard e Dullon. - Le esperienze elettriche di G. B. Becqueria. - Morte del fisico Richmann. 62
- VII. Ingegnosa esperienza eseguita da Franklin con l'aquilone il 22 giugno 1752; il fisico francese Romas concepisce la stessa idea, ma tarda a mandarla ad effetto. - Il primo parafulmine costruito da Franklin nel 1760 è colpito dalla folgore e preserva la casa del negoziante West. - Opposizione mossa in Europa contro l'invenzione di Franklin; esperienza decisiva tentata da Becqueria. - Vanità del sante Nolte. - Trionfo definitivo delle idee di Franklin. 66
- VIII. NORME RELATIVE ALLA COSTRUZIONE DEI PARAFULMINI. - *L'asta ed il conduttore*. - Cautele indispensabili. - Conduttori composti di fili metallici. - Estensione della regione protetta da un parafulmine. - Parafulmini sulle navi. - Parafulmini a ventaglio. 70
- LA PILA DI VOLTA.**
- I. Rimarchevole esperienza riferita da Sulzer nel 1767. - Alessandro Volta. - L'invenzione della pila e l'eleottricità. - Singolarità e varietà di fenomeni prodotti dalla pila: fenomeni magnetici, fisiologici, calorici, luminosi, chimici e meccanici. 76
- II. Le contrazioni della rana ed il contraccolpo elettrico. - Audaci esperienze istituite da Galvani nel 1786. - Influenza del caso quando è associato al genio d'un osservatore. - Le contrazioni della rana appesa con un uncino di rame ad una ringhiera di ferro. - Il fluido nervoso detronizzato dal fluido galvanico. - Ardite speranze. - Esistenza dell'elettricità animale confermata dallo scoppio di Matteucci. 79
- III. Entusiasmo generale per le idee di Galvani. - Obiezioni di Volta; influenza dei due metalli; classiche esperienze di Galvani per dimostrare l'esistenza dell'elettricità animale. - *La coppia voltaica*. - Fabbri con combusto Volta o Galvani. - Prevalenza delle idee di Volta. - Gli elettromotori di prima e di seconda classe. - Lettera di Volta alla Società reale di Londra. 81
- IV. La pila a colonna; i reattori, il polo positivo ed il polo negativo. - Paragone fra la macchina elettrica e la pila di Volta. - Dove proviene l'elettricità della pila? - Teoria di Volta o del contatto; teoria chimica. - Circuito aperto e circuito chiuso. - Intensità delle scosse elettriche prodotte da una pila di duecento coppie. 87
- V. Nicholson e Carlisle decompongono l'acqua mediante la pila. - Il voltmetro a misuratore dell'elettricità voltaica. - Esperienze di Tromsdorff e di Van Marum. - Pile ad un solo liquido: a trugoli, a corona di tassi; di Wollaston, di Daniell, di Hare. - La pila a secco di Zamboni e la chiavina del moto perpetuo. - Importanza delle indagini elettro-fisiologiche. 90
- VI. La *lettura Bakeriana* del 1806. - Analogie presentate dai chimici e dimostrate da Davy decomponendo le basi

terrose. - Scoperta di nuovi metalli. - Progressi della chimica. - Perfezionamento delle pile. - Pila a corrente costante: di Daniell, di Grove e di Bunsen. - Pregi singolari dello zinco amalgamato e dello zinco distillato. - Calore generato dalla corrente elettrica e sua trasformazione in lavoro. - Speranze per l'avvenire dei motori elettrici. *Pag.* 97

APPARATI ELETTRO-MAGNETICI E MAGNETO-ELETTRICI.

- I. Influenza della folgore sugli agghi calamitati e sull'acciaio ordinario. - Analogie presentate dai fisici. - Esperienze di Mejon e di Romagnusi. - Oersted scopre per primo l'elettro-magnetico. - *Le leggi di Ampère*. - I solenoidi. - Bussola nautica senza l'ago calamitato. - *Elica destrorsa ed elica sinistrorsa*. 106
- II. Applicazione delle teorie di Ampère al moltiplicatore o reometro. - Pregi del sistema assiale. - Paragone fra il reometro ed il voltmetro. - Applicazioni del galvanometro allo studio del calore raggiante. - *Pile piro-elettriche*. - Il Reostato. 111
- III. Azione magnetica delle correnti elettriche. - Magnetizzazione temporaria del ferro dolce e permanente dell'acciaio prodotta dalle correnti elettriche. - Influenza della forma dell'elica nella posizione dei due poli. - Calamite temporarie a ferro di cavallo. - Straordinaria potenza di queste calamite. - Prontezza degli elettro-magnetici ad acquistare o a perdere il magnetismo. - Macchine magneto-elettriche. 121
- IV. Scoperte magneto-elettriche di Zuercher e di Faraday. - Correnti d'induzione. - Intensità delle scosse provocate dalle macchine magneto-elettriche, applicazione delle stesse alla medicina. - Macchine magneto-elettriche di Clarke e di Nollet. 128
- V. Correnti industriali e correnti indotte. - Rocchetto di Ruhmkorff. - Sue applicazioni all'elettro-terapia. - Nomenclatura di elettricità statica ottenuta in grandi proporzioni anche dalle pile. - Cautele indispensabili nell'impiego dei rocchetti d'induzione. - Straordinaria energia delle scarchie da essi somministrate. - Carica istantanea di una batteria di bottiglie di Leida. - Turchi di Geissler. 133

IL TELEGRAFO.

- I. Telegrafi nella più remota antichità. - Telegrafo ad acqua di Enea il Tattico. - Proposte teoriche di G. B. Porta, di Casati e di Borgo. - Telegrafi ottici di Hooke e di Amontons. - Primo telegrafo elettrico proposto dallo scozzese Marshall nel 1753, costruito dal giovane Le Sage nel 1773, modificato dal tedesco Reiser nel 1794. - Instabilità dell'elettricità statica per gli usi della telegrafia. 139
- II. Telegrafo ottico di Chappe. - Patriottica proposta dell'inventore; accoglienza fatale dall'Assemblea nazionale di Francia. - La linea telegrafica da Parigi a Lilla, e l'annuncio della liberazione di Comté. - Entusiasmo per la telegrafia ottica. - Rapida trasmissione dei disegni. - Imperfezioni inerenti alla telegrafia ottica. - *Dispositi interrotti dalla nebbia*. - Telegrafia acustica. 143
- III. Facile trasmissione dell'elettricità voltaica. - Telegrafo elettro-chimico di Sommering. - Applicazione (suggerita da Ampère) della scoperta di Oersted. - Telegrafo di Schilling con cinque galvanometri. - Telegrafi magneto-elettrici di Gauss e di Weber. - Steinhell propone il primo telegrafo scrivente e sopprime il filo di ferro. - Telegrafo elettro-magnetico di Magrin. - Telegrafo di Wheatstone; suoi pregi e difetti. 156
- IV. Calamitazione temporaria del ferro dolce e sue applicazioni alla telegrafia. - Morse inventa il telegrafo elettro-magnetico. - *Il Compagnie per l'esercizio della telegrafia negli Stati Uniti d'America*. 150
- V. Costruzioni delle linee telegrafiche. - Linee concorrenti e linee radianti, sospese e sotterranee. - Per qual motivo si preferisce stabilire le linee telegrafiche lungo le ferrovie. - Preferenza accordata ai fili di ferro soltanto meno conduttivi di quelli di rame. - Legname impiegato nei pali. - Forme diverse di isolatori. - I tenditori. - Importanza delle importanti circostanze. 152
- VI. TELEGRAFO MORSE. - Descrizione dell'apparato di Morse; il manipolatore o tasto; la macchina a segnali, ovvero ricevitore; il soccorritore (*relais*). - Segnali internazionali per l'apparato di Morse. - Trasmissione dei disegni. - Il parafulmine. - Inconvenienti dei se-

- gnali a secco. - L'invenzione del telegrafo John. - L'esistenza relativa del sistema Morse. 157
- VII. TELEGRAFO HUGHES. - Precisi del telegrafo Hughes: rapidità e sicurezza nella trasmissione; stampa contemporanea del dispaccio nelle due stazioni corrispondenti. - Missione immaginativa della corrente. - Meccanismo d'oroscopia, bilanciere, fuso, regolatore a lamina vibrante. - Il magnetizzatore ed il carattere. - La rotta del tipo e la rotella stampatrice. - L'uso degli eccentrici. - La ruota eccentrica. - Trasmissione d'un dispaccio. - Perfezionamento che permette di stampare simultaneamente le cifre ed altri segni. 163
- VIII. TELEGRAFO A QUADRANTE. - Moltiplicatore o commutatore. - Rivelatore. - Movimento intermedio delle due ruote dentate provocate dalle successive chiavette ed interruzioni del circuito. - Pregi e difetti del telegrafo a quadrante. - Il segnale d'attenuazione. 173
- IX. TIPO-TELEGRAFO BONELLI E PANTELEGRAFO CASELLI. - Telegrafo elettrochimico. - Tipo-telegrafo a cinque fili, suoi pregi e difetti. - Struttura dei tipi per la tipo-telegrafia. - Notevole semplificazione dell'apparato primitivo: tipo-telegrafo ad un sol filo. - Postelegrafo Caselli: trasmissione auto-telegrafica d'una scrittura, d'un disegno, d'un ritratto. - Infruttuosi tentativi di filo e di fili. - L'incoscienza attuale dei mezzi pendoli orologio-magnetici. - Trasmissione e valore dei duplicati pantografici. 182
- X. La telegrafia in servizio delle strade ferrate: avvisatori elettrici; apparato di controllo per gli scambi; telegrafo delle locomotive. - Applicazioni scientifiche della telegrafia elettrica; esatta determinazione delle lunghezze; pronostici meteorologici. - La telegrafia e gli incendi; esempi da imitare. - Orologi elettrici. - La telegrafia privata a Londra ed altre città. 192

LA TELEGRAFIA SOTTOMARINA.

- I. Primi tentativi. - Difficoltà d'ottenere un isolamento efficace. - La gatta-perca. - Piani telegrafici fra Francia e Inghilterra, fra Inghilterra ed India. - Castelli per cronometri. - L'immersione delle fusti telegrafici. - Ritorno delle fusti telegrafici precipitati in fondo al mare. - Sviluppo della telegrafia sottomarina. 199
- II. La telegrafia sottomarina negli Stati Uniti. - Congiunzione del continente con Terranova. - Primo progetto del signor Cato Field per congiungere Europa e America. - Strali polverosi del signor Mary. - Costruzione ed immersione della prima linea transatlantica. - Tentativi infruttuosi. - Gatta passeggera. - Perseveranza americana. - Costruzione ed immersione della fine del 1865. - Malvagia umana. - Tentativi dei propositi dell'ing. Field. - Doppia comunicazione transatlantica stabilita nel 1866. 201
- III. Costituzione della Compagnia francese per telegrafo sottomarino. - Struttura del nappo. - Disposizioni adottate a bordo del *Grand-Est*. - L'apparato, l'immersione, il dinamometro e l'apparecchio di riempero. - Vicende della traversata. - Felice riuscita dell'impresa. 210

LA GALVANOPLASTICA.

- IV. Trasmissione della carica elettrica in un canapo subacqueo. - Durata dei periodi di carica e di scarica. - Esperienze di Varley. - Rivelatori di Thomson per telegrafi sottomarini. - Seccazioni di corrente positiva e negativa. - Condensatore di Varley. - Proposta di Zinckes. 215
- I. L'elettrolisi o decomposizione elettrochimica. - Elettroliti del vitriolo azzurro; deposito di rame sul reattore negativo. - Produzione d'un intonaco di rame sopra oggetti metallici; riproduzione di statue, medaglie, immagini e simili. - Durata e argenteatura economica ed inusuale agli operatori. 221
- II. Decolorazione e argenteatura elettrochimica eseguite da Brugstadi nel principio del secolo. - Inferenza dei Bruck. - Osservazione a scoperta di Jacobi nel 1837. - La galvanoplastica all'Accademia di Pietroburgo. - Insegnamento imperiale. - Perfezionamenti introdotti successivamente da Jacobi. 225
- III. Invenzione d'un'interazione metallica a dare una fedele rappresentazione dell'oggetto inossidato. - Necessità di preparare una copia negativa per ricavarne una per-

fetta copia positiva. - Pregi delle negative in gatta-perca. - L'apparato scultoreo per la ristampa degli oggetti e per la riproduzione in rame d'un modello. - L'apparato composto e la decolorazione elettrochimica. - Cautela necessaria. - Ordine politico. 226

IV. La galvanoplastica in sussidio all'archeologia, alla storia ed alla storia naturale. - La galvanoplastica e le opere illustrate. - Economia diffusione delle incisioni e delle riproduzioni degli espositori dell'arte scultoria. - Sculture colossali fuse a freddo. - Soluzioni dei rami depositati con la galvanoplastica. - Rivelamenti dei rami sugli oggetti in ferro. - L'effluvio elettrochimico del signor Quilley ad Astori. 231

GLI OROLOGI.

- I. Il movimento apparente della volta celeste e la misura del tempo. - I gnomoni e gli orologi solari. - La Clepsidra. - L'orologio in abissi e la misura della velocità d'una nave. - Primi orologi sui campanili di Milano. - Quello di Padova. - Galileo e la lampada del duomo di Pisa. - Il pendolo. - Cassa dell'oscillazione. - Priorità di Galileo nell'applicazione del pendolo agli orologi. - L'invenzione di Huyghens. - Orologi portatili di minime dimensioni. 231
- II. Descrizione degli orologi a pendolo: Come si carica l'orologio. - Le ruote dentate ed i reodetti; il riccio e scappamento ad ancora. - Trasformazione d'un moto meccanico in moto uniforme. - Gli indici d'un orologio non si muovono con moto continuo, ma a brevissimi intervalli. - Meccanismo che regola la suoneria ogni tre ore anche ogni metà d'ora. - Indicazione della temperatura nella regolarità del movimento. - Pendoli compensatori, a gravità ed a mercurio. - Pendoli con lente mobile. 240
- III. Orologi da tasca: la molla elastica, movimento rotatorio determinato dallo svolgimento della molla. - Gli ingranaggi intermedi, la ruota a corona ed il bilanciere. - Meccanismo che regola il movimento dei due indici. - Ineguale svolgimento della molla, la ricerca ed il barile. - Il bilanciere a spirale. - Scappamento a cilindro. - Scappamento libero: sua applicazione ai cronometri. - Bilanciere a compensazione. - Regolatore del tempo. - Importanti applicazioni dei cronometri. - Utilità di tutti gli orologi. - Il tempo che fugge e più non ritorna. - Fate buon uso del tempo. 245

I POZZI MODENESI.

- I. Opinione degli antichi filosofi intorno all'origine dei fiumi; opinione di Cartesio; opinione dei moderni. - L'evaporazione dell'acqua marina produce le nebbie e le nubi, che spinte dai venti calano poi sui continenti sotto forma di pioggia, di neve e di grandine. - Costituzione della crosta terrestre. - Permeabilità del suolo; fiumi sotterranei. - Il Reno, la Danubio, il Oder-Grenk. - Il Treviso. - Sorgenti d'acqua dolce in mezzo al mare; la sorgente del Golfo della Spezia. 253
- II. Condizioni indispensabili per la buona riuscita d'un pozzo forato; strati acquiferi interposti fra due strati impermeabili. - Pozzi forati dai Chinesi e dagli Egiziani. - I pozzi forati del modenese, descritti dal Valbassini e dal Corradini. - Le zingane della città di Modena. - Pozzi artesiani. - Isti conoscere in Francia da G. B. Cassini. - Progressi nell'arte di forare pozzi. - Il pozzo forato di Giovanni a Parigi. 255
- III. Temperature delle acque dei pozzi rivelati. - La ricerca del nostro pianeta. - Temperature crescenti all'aumentare della profondità. - Fluctuazione della Terra. - Le sorgenti termali. - I terremoti. - I vulcani. - Le valture di sicurezza del nostro pianeta. 261

DEI VARI MEZZI D'ILLUMINAZIONE.

- I. L'illuminazione presso gli antichi; piante resinose; lampade ad olio. - La equillatà. - Prime candele di cera e di sego; l'arale storico. - Sostanzioni dei mezzi d'illuminazione. - Inconvenienze dei barginoli pieni. - Doppio invenzione di Argand. - La struttura dei vari esattori di vetro. - Metodi del cammino. - Applicazione del vazo di Marotte. - Lucerne alla Garcel ed a mediatore. 263
- II. Le sorgenti d'aria infiammabile, e gli addoratori del fazzo. - Osservazioni di Shirley, Lovell e Clayton nelle miniere di carbon fossile. - Spremito e ricerche contem-

poranee di Lebon e di Murdoch. - La termolampada e l'illuminazione del palazzo Segreval; estrazione industriale del ratrone nella foresta di Ilverray; morte di Lebon. - Murdoch si associa a Watt ed illumina l'officina di Soho. - Illuminazione d'altri stabilimenti industriali effettuata da Clegg.

Pag. 268

III. Inutili sforzi di Clegg e Murdoch per far trionfare l'illuminazione a gas. - Efficace propaganda di Winsor; sue terribili asserzioni. - L'incendio del 1842 e la perseveranza di Winsor, suo trieste; costituzione della *Chartered Gas-light and Coke Company*, illuminazione dell'argento Arkermann. - L'officina di Peter Street - Vasi luminosi della Commissione; decisiva smentita improvvisata da Clegg. - L'illuminazione del ponte di Westminster e l'abbarbicazione di Clegg. - Diffusione dell'illuminazione, a gas in Inghilterra e Scozia. - Winsor si reca nel 1845 a Parigi; illumina il *Passage des Panoramas*. - Formidabile coalizione degli oppositori. - Diffusione dell'illuminazione a gas nel continente europeo.

Pag. 274

IV. Sostanza apta a somministrare gas illuminante. - Varie specie di carbon fossile. - Il *bag-kud* e la paraffina. - Condizioni necessarie all'esistenza d'una fiamma. - Produzione del gas alla sommità del laghetto nelle lampade e nelle candele. - Influenza delle particelle carbonose nel potere riscaldate della fiamma. - Il nerofumo. - Pallida luce fornita dall'idrogeno puro, mezzo per aumentare lo splendore.

Pag. 278

V. Fabricazione del gas illuminante: le storte, il barile, i condensatori, le colonas e Coke e la purificazione fisica del gas. - Depurazione chimica: irruzione nell'ingegno della calce; purificazione con l'ossido di ferro. - Il gossometo. - La canalizzazione sotterranea. - Becconi a semplice e a doppia corrente. - Manchester e Argand. - Utilità dei cammini di vetro. - Becconi Maresud; laterali in porcellana; beccucci a corrente d'aria ricambiata.

Pag. 284

VI. Il gas portatile cioè il gas a domicilio senza dipendenza canalizzazione; inconvenienti inseparabili dall'energia compressione dell'ordinario gas illuminante; pregi del gas somministrato dal *bag-kud*. - L'illuminazione a gas sui battenti a vapore e nei convogli ferroviari. - Il contatore e gas a misurazione della quantità, il fotometro o misuratore della luce. - Benefici economici ed altri vantaggi dell'illuminazione a gas. - Operai illusi dal colore. - Cura della tosse umana. - Le flegmi di gas, le esplosioni, candele per avviarle.

Pag. 290

VII. Pregi del carbon fossile. - Potenza della chimica - I residui della fabbricazione del gas: il coke, il carbone delle storte, i sali d'ammonia e la loro importanza nell'agricoltura e nell'industria, ghiaccio artificiale e stoffe incombustibili. - I progressi della chimica e le metamorfosi del catrame del gas. - Distillazioni del

catrame e separazione dei vari oli. - La pece ed i gasoli di carbone agglomerato. - La paraffina ed il lubrifico. - La benzina e la nitrobenzina ed essenza di Marcano. - L'anilina ed i colori che se ne ricavano. - L'acido fenico, e le importantissime sue virtù terapeutiche. - L'acido picrico; il pirato di potassa e suoi formidabili effetti. - La anilina e i suoi prodotti. - Importanza dello studio della chimica; consiglio ai giovani lettori.

Pag. 294

VIII. Illuminazione dell'illuminazione a gas sull'illuminazione domestica. - Gli idrocarburi liquidi: il gasogeno e l'olio di schisto; pericoli e candele per evitarli. - L'olio di Seneca e le sue virtù terapeutiche. - Felice idea del dott. Brever. - Le sorgenti d'oil-zuck ed il fontanino Drake. - La febbre dell'oil. - Produzione di petrolio nell'America settentrionale. - Trasporto del petrolio: barili di legno e recipienti metallici. - Purificazione del petrolio grezzo. - Sperimenti necessarie per riconoscere la bontà del petrolio. - Strutture delle lampade a petrolio. - Candele raccomandate.

Pag. 304

FILATURA E TESSITURA.

HERCOTECNOLOGIA. - Vestimento naturale degli animali. - Prime vesti dell'uomo. - Progresso della filatura tessile. - Importanza della filatura e della tessitura fra i popoli civili.

Pag. 308

I. Materie tessili minerali. - Amianto. - Vetro. - Metalli. - Materie tessili animali. - Lana di vari animali. - Lana di pecora. - Sue qualità e produzione. - Seta del Bombyx Mori. - Sua produzione. - Altre undici specie di filagella. - Seta di ragno e biao marino.

Pag. 310

II. Materie tessili vegetali. - Il lino. - Processi di preparazione del lino. - La canapa. - Coltura e produzione del lino e della canapa. - Altre otto specie di piante iglie. - Filaccia dell'olmo, del gelbo, dell'agave, del banano e della palma. - Lana di legno. - Il re cotone. - Sua coltura in Europa. - Fortune e speranze d'Italia nella coltura del cotone.

Pag. 312

III. Filatura a mano. - Ser Borghesano Lucchesi e il suo filatoio. - Meccanismi storici di Watt, Luigi Paul, Hargreaves. - Tommaso High e la sua *Spinning-Jenny*. - Perfezionamenti di Arkwright. - *Mule-Jenny*. - L'estensione di Girard per filare la canapa. - Operazioni preparatorie alla filatura della lana. - Filatoi automatici, o *Self-acting*, inglesi. - Merito degli *holland* nelle moderne invenzioni.

Pag. 318

IV. Tessitura presso i popoli primitivi. - Telaio comune. - Telaio da velluto e da tappezzeria. - Invenzione di Vaucanson. - Telaio jacquard. - Perfezionamenti allo stesso. - Telaio elastico di Bonelli. - Macchine per la sudatura, la guarnitura, la cimatura e l'apparecchio dei tessuti. - Stoffe moderne. - Lana mercausa per gli *acholly*. - Statistica dell'industria manifatturiera tessile.

Pag. 319

INDICE DELLE INCISIONI DEL TERZO VOLUME

Fig. 1. — Pesa fotografica	Pag. 4
2. — Camera oscura	2
3. — Camera oscura portatile	3
4. — Tripiede per sostegno della camera oscura	ivi
5. — Obiettivo fotografico	ivi
6. — Lenti costruite dall'obiettivo	ivi
7. — Nicotero Nipco	5
8. — Luigi Daguerre	ivi
9. — Tarabotta per levigare le lamine per la daguerrotipia	7
10. — Lasciatura	ivi
11. — Doppia cassetta per incorniciare e lodurare la lamina daguerriana	8
12. — Gabinetto oscuro per le manipolazioni fotografiche	9
13. — Ristrutturazione della lamina cherata	ivi
14. — Cavalletto per l'esposizione delle prove fotografiche alla luce diffusa	11

Fig. 15. — Apparecchio per albuminare grandi lastre di vetro	Pag. 12
16. — Saggio di prova negativa	ivi
17. — Saggio di prova positiva	ivi
18. — Cassetta per le lastre di vetro per la fotografia	13
19. — Applicazione del collodio sulla lastra di vetro	ivi
20. — Modo per raccogliere il collodio esuberante	ivi
21. — Cassetta per le prove fotografiche	14
22. — Sviluppo della argilla, merco l'acido pirrogallico	ivi
23. — Lavatura dell'immagine negativa	ivi
24. — Preparazione della carta fotografica per le immagini positive; immersione della carta clorurata nel bagno di nitrate di argento	15
25. — Telaio per le riproduzioni	16

Fig. 26.	Torchietto, per le riproduzioni	Pag. 16
27.	Fotografo viaggiante	17
28.	Camera sotto il Monticorno	19
29.	Ingrandimento delle immagini fotografiche	20
30.	Rappresentazione fotografica della varia tensione elettrica	22
31.	Il foto-elettrografo	23
32.	Mecanismo d'orologeria o telajo contenente la carta fotografica nel foto-elettrografo	ivi
33.	Le tre apparenze della mano	25
34.	Stereoscopio a riflessione di Wheatstone	26
35.	Audimento dei raggi luminosi nello stereoscopio a rifrazione	ivi
36.	Lenti per lo stereoscopio a rifrazione	ivi
37.	Stereoscopio di Brewster	ivi
38.	Immagini stereoscopiche	29
39.	Attrazione elettrica	31
40.	Pendolino elettrico	ivi
41.	Elettroscopio a foglie d'oro	32
42.	Macchine elettriche	33
43.	Macchina elettrica di Ramsden	36
44.	Danza elettrica	37
45.	Spirito di vino infiammato colla scintilla elettrica	38
46.	Scintilla sinuosa	ivi
47.	Quadro magico	ivi
48.	Scettro elettrico	39
49.	Scampanio elettrico	40
50.	Macchina elettrica di Nairne	41
51.	Macchina idro-elettrica di Armstrong	42
52.	Esperienza di Muschenbroek	43
53.	Bottiglia di Leida	ivi
54.	Scrittorio	ivi
55.	Muschenbroek	45
56.	Ragno di Franklin	46
57.	Scampanio elettrico	ivi
58.	Bottiglia scintillante	47
59.	Batteria di Franklin (Carica per cascata)	48
60.	Batteria di giare elettriche	49
61.	Quadro fulmineo	50
62.	Elettroforo	51
63.	Excitatore universale	52
64.	Impresche elettriche	53
65.	Vetro forato d'una scarica elettrica	54
66.	Mortajo elettrico	55
67.	Beniamino Franklin	56
68.	Esperienza elettrica di Marly	57
69.	Beniamino Franklin sottrae l'elettricità dalle nubi temporalesche mediante l'aquilone (22 giugno 1752)	58
70.	Nollet	60
71.	Parafulmine portatile	70
72.	Parafulmine ordinario	71
73.	Giuntura dell'asta del parafulmine coll'armatura del tetto	72
74 e 75.	Giuntura del conduttore col piede dell'asta	73
76 e 77.	Primo parafulmine innalzato da Franklin	74
78.	Forchetta per ritaglio del conduttore	75
79.	Rivestimento sotterraneo del conduttore	76
80.	Parafulmine a ventaglio	77
81.	Regione protetta da un parafulmine	78
82.	Diramazioni del conduttore nei terreni asciutti	79
83 e 84.	Collare per l'unione dell'asta con l'estremità superiore della fune conduttrice	80
85.	Lucino per ritaglio della fune conduttrice	81
86.	Giuntura inferiore della fune conduttrice	82
87.	Parafulmine d'un campanile	83
88.	Parafulmine d'una nave	84
89.	Applicazione della pila	85
90.	Alessandra Volta	86
91.	Lance prodotta dalla pila di Volta	87
92.	Cinelli scientifici di Alessandro Volta	88
93.	Luigi Galvani	89
94.	Galvani sperimenta l'influenza dell'elettricità atmosferica sulla rana	90
95.	Carlo Matteucci	91
96.	Volta inventa la pila a colonna	92
97.	Esperienza di Galvani	93
98.	Pila a colonna	94
99.	Scintille elettr. ricavata da una torpedino	95
100.	Volta	96
101.	Pila a truogoli	97
102.	Pila a corona di tazze	98
103.		ivi

Fig. 101.	Pila di Wollaston	Pag. 93
102.	Pila di Maucke	94
103.	Pila ad elica in rame	95
104.	Particolari della pila ad elica	ivi
105.	Pendolo mantenuto in movimento da pila a secco	96
106.	Pila di Daniell	97
107.	Pila di Daniell e parti che la compongono	98
108.	Pila di Grov	99
109.	Pila di Bunsen e parti che la compongono	100
110.	Batteria di Bunsen	101
111.	Esperienza d'Oersted	102
112.	Influenza d'una corrente sovrapposta parallela all'ago	103
113.	Influenza d'una corrente sottoposta e parallela all'ago	104
114.	Correnti parallele ed inverse	105
115.	Correnti parallele dirette nello stesso senso	106
116.	Corrente circolare mobile	107
117.	Influenza esercitata da una calamita fissa sopra una corrente mobile	108
118.	Circuiti circolari e indipendenti	109
119.	Solenoidi	110
120.	Influenza del magnetismo terrestre sopra un solenoide giacevole intorno ad asse verticale	111
121.	Attrazioni e repulsioni fra due solenoidi	112
122.	Elica dextrorsum	113
123.	Elica sinistrorsum	114
124.	Moltiplicatore, reometro o galvanometro	115
125.	Agno magnetico circondato dalla corrente	116
126.	Agno magnetico influenzato da una corrente verticale	117
127.	Telajo di Schweigger	118
128.	Sistema astatico	119
129.	Agno inferiore d'un sistema astatico circondato dalla corrente	120
130.	Esperienza di Seebeck	121
131.	Bianco di Melloni	122
132.	Verga termo-elettrica	123
133.	Pila termo-elettrica	124
134.	Macchine Melloni	125
135.	Reostato	126
136.	Elettro-calamita a ferro di cavallo	127
137.	Elettro-magnete carica di pesi	128
138.	Rocchetti elettromagnetici	129
139.	Motore elettro-magnetico di Froment	130
140.	Pompa animata dall'elettro-magnetismo	131
141.	Francesco Zantedeschi	132
142.	Michele Faraday	133
143.	Induzione elettro-magnetica provocata dalla introduzione d'una verga calamitata in una spirale di filo metallico	134
144.	Induzione elettro-magnetica provocata accostando una verga calamitata al ferro dolce circondato da spirale di filo metallico	135
145.	Macchina magneto-elettrica di Clarke	136
146.	Particolari dell'estremità dell'asse della macchina di Clarke	137
147.	Macchina magneto-elettrica per l'illuminazione dei fari	138
148.	Decomposizione dell'acqua con la macchina di Clarke	139
149.	Accensione dell'etere con la macchina di Clarke	140
150.	Induzione provocata in un filo metallico dalla vicinanza d'una corrente elettrica	141
151.	Correnti indotte provocate in una spirale metallica dalla continua circolazione di una corrente generata dalla pila	142
152.	Rocchetto di Ruhmkorff	143
153.	Scatola elettro-terapica di Ruhmkorff	144
154.	Ragno elettrico-terapico	145
155.	Batteria di Leida istantaneamente caricata da un rocchetto di Ruhmkorff	146
156.	Cubo di vetro perforato dalla scintilla di Ruhmkorff	147
157.	Candela magica	148
158.	Fenomeni luminosi prodotti nel vuoto dalla scarica d'un rocchetto di Ruhmkorff	149
159.	Tubi di Geissler	150
160.	Telegrafo ad acqua di Enea il Tatitico	151
161.	Telegrafo elettrico costruito da Lesage a Ginevra nel 1778	152
162.	Telegrafo ottico di Chappe	153
163.	Telegrafo elettro-chimico costruito da Summerring nel 1809	154

Fig. 167. —	Telegrafo di Wheatstone	Pag. 149
168. —	Samuele Morse	152
169. —	Giunture dei fili telegrafici	154
170. —	Isolatori ordinari	154
171. —	Isolatore ad anello	156
172. —	Isolatore a fungo	156
173. —	Cappellotto di tensione	156
174. —	Tenditore	156
175. —	Manipolatore di Morse (figura teorica)	156
176. —	Manipolatore di Morse	158
177. —	Ricevitore di Morse (figura teorica)	158
178. —	Macchina a segnali o ricevitore dell'apparato di Morse	159
179. —	Seccoratore di Wheatstone	160
180. —	Stazione telegrafica (sistema Morse)	161
181. —	Galvanometro d'una stazione telegrafica	162
182. —	Parafusini d'una stazione telegrafica	162
183. —	Telegrafo di Hughes	163
184. —	Disco, carrello ed albero verticale dell'apparato Hughes	167
185. —	Elettro-calamite, ancora mobile, leva ad asse degli eccentrici, nell'apparato Hughes	168
186. —	Asse degli eccentrici, rotella stampante, ruota dei tipi, ruota correttiva e bottone d'arresto dell'apparato Hughes	170
187. —	Tasiera dell'apparato Hughes perfezionato	171
188. —	Manipolazione del telegrafo a quadrante (figura teorica)	175
189. —	Manipolatore del telegrafo a quadrante	176
190. —	Ricevitore del telegrafo a quadrante (figura teorica)	176
191. —	Particolari del ricevitore a quadrante	177
192. —	Ricevitore del telegrafo a quadrante (aspetto esterno)	177
193. —	Particolari dell'interuttore	178
194. —	Stazione telegrafica (sistema a quadrante)	180
195. —	Suoneria elettrica o segnale d'attenzione	181
196. —	Pettini a cinque punte del tipo-telegrafo Bonelli	183
197. —	Gordano Bonelli	183
198. —	Tipotelegrafo Bonelli (Disposizione primitiva, a cinque fili)	183
199. —	Giovanni Caselli	188
200. —	Pantelegrafo Caselli	189
201. —	Particolari del ricevitore del pantelegrafo Caselli	190
202 (1). —	Indicatore dei convogli	193
203. —	Angelo Secchi	197
204. —	Orologio elettrico	198
205. —	Disposizione d'un canapo telegrafico nell'interno della nave che effettua l'immersione	201
206. —	Sezione (al vero) del primo canapo transatlantico (1858)	203
207. —	Immersione del primo canapo transatlantico	203
208. —	Fune transatlantica del 1865 (Sra. al vero)	207
209. —	Fune d'approdo del telegrafo transatlantico del 1865 (Sozione al vero)	208
210. —	Sezione longitudinale del Great-Eastern colla fune transatlantica	209
211. —	Manovre a bordo del Great-Eastern per ripescare la fune del 1865	210
212. —	Dinamometro per riconoscere la tensione della fune durante l'immersione	212
213. —	Gavilletto impiegato nella posa del telegrafo transatlantico	214
214. —	Ricevitore di Thomson per telegrafo transatlantico	217
215. —	Particolari del ricevitore di Thomson	218
216. —	Disposizione generale dell'organo ricevitore adottato nel telegrafo transatlantico	220
217. —	Apparecchio sempl. per la galvanoplastica	228
218. —	Apparecchio composto per la galvanoplastica	229
219. —	Riproduzione d'una statua mediano la galvanoplastica	232
220. —	Gnomone	234
221. —	Quadrante solare	234
222. —	Clessidra sempl.	235
223. —	Clessidra perfezionata	236
224. —	Orologio a sabbia	236

(1) Si avverte che questa fig. 202 si trova in alcune copie capovolti.

Fig. 225. —	Pendolo	Pag. 237
226. —	Meccanismo d'un orologio da torre	240
227. —	Meccanismo d'un orologio a pendolo veduto da fianco	241
228. —	Meccanismo d'un orologio a pendolo veduto in prospetto	241
229. —	Suoneria d'un orologio a pendolo	242
230. —	Pendolo compensatore a graticola	244
231. —	Pendolo compensatore a mercurio	244
232. —	Molla motrice d'un orologio	245
233. —	Meccanismo d'un orologio a molla	245
234. —	La chiochiella ed il barile	247
235. —	Disegnare a spirale	248
236. e 237. —	Scappamento a cilindro	249
238. e 239. —	Particolari dello scappamento a cilindro	250
240. —	Scappamento libero	250
241. —	Regolatore del tempo	251
242. —	Meccanismo d'un cronometro	252
243. —	Sezione ideale nella corteccia terrestre: condizioni necessarie per l'esistenza di un pozzo modenese	253
244. —	Cantere per la perforazione d'un pozzo trivellato molto profondo	256
245. —	Perforazione d'un pozzo trivellato	257
246. —	Colonna monumentale sulla fonte trivellata detta di Grenelle a Parigi	260
247. —	Lampada antica	263
248. —	Fabbricazione delle candele ad esting.	264
249. —	Diversità di Temperatura fra il centro ed il contorno d'una fiamma	264
250. —	Caminetti o tubi di vetro	265
251. —	Lampada d'Argand a serbatoio superiore	266
252. —	Lampada a moderatore	267
253. —	Ago moderatore e tubo d'ascensione	267
254. —	Tempio del fuoco ad Atesh-Gah, presso Bakhti	269
255. —	Storia per la distillazione del carbon fossile nell'officina di Sobò (1803)	273
256. —	Fiamma attraversata da tela metallica	281
257 o 258. —	Apparato per la produzione del gas illuminante (Prospetto o sezione longitudinale)	283
259. —	Condensatore	284
260. —	Colonna a coke	285
261. —	Depuratore	285
262. —	Gasometro articolato	286
263. —	Sezione e pianta d'un beccuccio a ventaglio	287
264. —	Fiamma e beccuccio a ventaglio	287
265. —	Sezione e pianta d'un beccuccio Manchester	287
266. —	Sezione e pianta d'un beccuccio a doppia corrente	288
267. —	Fiamma a doppia corrente	288
268. —	Carro del gas portatile	289
269. —	Contatore del gas	291
270. —	Distillazione del catrame di carbon fossile	291
271. —	Lampada a gasogeno	292
272. —	Sorgenti di petrolio in Pensilvania	301
273. —	Apparato per sperimentare il petrolio	307
274. —	Lampada a Petrolio	308
275. —	Sezione d'una lampada a petrolio	308
276. —	Pelo di lana veduto al microscopio	311
277. —	Fili di seta grezza veduti col microscopio	312
278. —	Lino comune	313
279. —	Macchia o apparecchio per rompere la canape a mano	313
280. —	Canape a fiori maschi	313
281. —	Banano tessile	314
282. —	Pianta del cotone	314
283. —	Filatoio	315
284. —	Alcornoque Arkeright	316
285. —	Samuele Crompton	316
286. —	Mule-Jenny o macchina per la filatura del cotone	317
287. —	Selfacting o filatoio della lana	318
288. —	Telaio comune	319
289. —	Spaccato d'un tessuto a velluto	320
290. —	Tessitura degli scialli di cachemir nello India	321
291. —	Telaio Jacquard	321
292. —	Dipsacus Fullonum	322